

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Liberec 2012**

**Bc. Věra Svobodová**

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: Průmyslový management  
Studijní obor: Produktový management - textil

### APLIKACE TECHNIKY „KVAZI-PŘÍZÍ“ KE ZVÝŠENÍ PEVNOSTI NETKANÝCH TEXTILIÍ

### THE APPLICATION TECHNIQUE OF „QUASI-YARN“ TO INCREASE THE STRENGTH OF NONWOVENS

Věra Svobodová

KHT-130

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Jaroslav Hanuš, Ph.D.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu .....82  
Počet obrázků .....22  
Počet tabulek .....17  
Počet grafů.....59  
Počet příloh na CD... 2

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

### **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 4. 5. 2012

.....  
Věra Svobodová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Dovoluji si touto cestou poděkovat vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslavovi Hanušovi, Ph.D.za cenné rady a připomínky, odborné vedení a trpělivost.

## **ANOTACE**

Práce se zabývá vlivem vybraných technologických parametrů používaných k aplikaci kvazi-přízí na vlastnosti produktů vyrobených vertikálním skládáním NT a produktů armovaných armovací sítí. Obsahuje jednak stručnou rešerši prací obecně spojených s aplikací kvazi-přízí, jednak výsledky provedeného experimentu zpracované do grafů znázorňujících závislost sledovaných vlastností produktu na vybraných technologických parametrech.

### **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Kvazi-příze, netkané textilie, zpevňování vlákenných vrstev, povrstvování, armování, laminování, kompozity, impregnace, pojiva

## **ANNOTATION**

The work deals with the influence of selected technological parameters used for the application of quasi-yarn on the characteristics of products made by vertical folding and the products reinforced with reinforcing web. It contains a brief research of work generally associated with the application of quasi-yarns, and results of the experiment processed into graphs showing the dependence of the observed characteristics of the product on the selected technological parameters.

### **KEY WORDS:**

Quasi-yarn, nonwoven fabrics, fiber reinforcement layers, coating, reinforcing, laminating, composites, impregnation, bonding

## Obsah

Použité zkratky a symboly .....	9
1 Úvod .....	10
2 Netkané textilie (NT) .....	11
2.1 Technologické postupy užívané k fixaci struktury NT .....	13
2.1.1 Mechanické postupy .....	14
2.1.2 Chemické postupy .....	16
2.1.3 Termické postupy .....	19
2.2 Technologické postupy užívané ke zvyšování pevnosti NT .....	22
2.2.1 Povrstvování NT .....	22
2.2.2 Aplikace prášků do struktury NT .....	23
2.2.3 Laminování NT – kompozitní struktury .....	26
3 Kvazi-příze a jejich aplikace .....	27
3.1 Princip vzniku kvazi-přízí .....	27
3.1.1 Technologické parametry .....	30
3.2 Textilie vhodné pro aplikaci techniky kvazi-přízí .....	31
3.2.1 Aplikace při fixaci struktury .....	31
3.2.2 Aplikace při laminování s armovacími sítěmi .....	32
3.2.3 Aplikace při laminování s NT .....	33
4 Experiment .....	33
4.1 Cíl a rozsah experimentu .....	33
4.1.1 Výběr materiálu pro experiment .....	33
4.1.2 Výběr a stanovení technologických parametrů .....	34
4.1.3 Přehled vyrobených vzorků .....	36
4.2 Výběr zkušebních postupů .....	39
4.3 Naměřené výsledky .....	41
4.3.1 Pevnosti produktů .....	41
4.3.2 Soudržnost s armovací sítí .....	61
4.3.3 Pevnosti základního materiálu .....	72
4.4 Závislosti mezi vlastnostmi produktů a výstupní rychlostí .....	78
4.4.1 Závislost mezi pevností produktů a výstupní rychlostí .....	78
4.4.2 Závislost mezi soudržností armovací sítě s NT a výstupní rychlostí .....	81
5 Diskuze .....	83

6	Závěr .....	85
	Literatura: .....	87
	Seznamy: .....	88



## POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY

**NT** netkaná textilie

**%** procent

**°C** stupeň Celsia

**Hz** Herz

**kV** kilovolt

**KW** kilowat vysoké napětí

**N** Newton

**Nm** Newton-metr

**m** metr

**m<sup>2</sup>** metr čtvereční

**mm** milimetr

**μm** mikrometr

**μ** mikron (mikrometr)

**g** gram

**min** minuta

**s** sekund

**Tg** teplota skelného přechodu

**PVC** Polyvinyl chlorid

**PVDC** Polyvinyliden chlorid

**PTFE** Polytetrafluoroethylen

**SBR** Styren-butadien pryž

**PUR** polyuretan

**PEO** polyetylen-oxid

## 1 ÚVOD

Zvyšování pevnosti NT vede v řadě případů k rozšíření jejich aplikačních možností. NT vhodné pro své vlastnosti k použití např. ve filtraci nebo sorpci nevynikají právě vysokou pevností a nemohou být proto použity v případech, kdy při jejich aplikaci namáhání překročí pevnost v tahu (filtry, sorbenty). Je proto účelné hledat cesty k zajištění potřebné pevnosti produktů při zachování základních vlastností výsledného produktu (např. účinnost filtrace, sorpční kapacita apod.).

Existuje více způsobů jak toho dosáhnout, jak je zmíněno i v této práci, jednou z dosud nevyužívaných možností je aplikace tzv. kvazi-přízi. Je to patenty chráněný postup vyvinutý v souvislosti s vývojem vertikálně formovaných textilií nazývaných STRUTO. Produkty, jejichž struktura byla fixována kvazi-přizemi a armovací sítí nesla název ROTIS. Aplikace kvazi-přízi se dosud neuplatnila v širším měřítku, přestože je to technologie jednoduchá, energeticky nenáročná. Je to pravděpodobně proto, že není dostatečně propagována a také proto že není k dispozici provozní zařízení, existuje pouze poloprovozní (modelové) zařízení v laboratořích TUL.

Tato DP se zabývá využitím kvazi-přízi především pro laminování produktů armovacími sítěmi, které přebírají tahová namáhání při konkrétních aplikacích. Je studován i vliv pouhých kvazi-přízi na pevnost produktu, aby tak lépe vynikl vliv armovací sítě na výslednou pevnost produktu. Cíl práce byl formulován následovně:

*Objasnit vliv parametrů technologie používané k aplikaci kvazi-přízi na vlastnosti produktů, konkrétně na pevnost produktu a na soudržnost armovací sítě s armovaným produktem.*

Obě tyto vlastnosti pozitivně ovlivňují uplatnění produktů na trhu, rozšiřují aplikační možnosti produktů.

## 2 NETKANÉ TEXTILIE (NT)

Pod pojem netkané textilie se zahrnuje celá škála výrobků odlišující se strukturou a vyráběná nejrozličnějšími technologiemi. Definice NT podléhá vývoji, protože se stále vyvíjejí nové technologie a s tím spojené i struktury a výrobky. [5][6] V současné době jsou proto NT definovány následovně:

Netkaná textilie je vrstva vyrobená z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken, spojených třením a/nebo kohezí a/nebo adhezí s výjimkou papíru a výrobků vyrobených tkaním, pletením, všíváním, proplétáním nebo plstěním. [5]

Základní surovinou jsou v převážné většině polymery ve formě vláken, jejichž zpracovatelské a uživatelské vlastnosti jsou dány charakterem a chováním makromolekulárních látek, které vytvářejí typické vlákenné struktury. Ty mají výrazně směrově závislé uspořádání nadmolekulární struktury a specifické vlastnosti jako např. různou tvrdost, tažnost, teploty sklenění a tání, adhezivní a jiné vlastnosti. Pod pojmem makromolekulární látka neboli polymer jsou označovány sloučeniny, jejichž molekuly jsou tvořeny stovkami až miliony atomů navzájem spojených chemickými vazbami. [5][6]

Pro výrobu NT se používají základní a speciální vlákna. Základní vlákna jsou běžně vyráběné vlákenné suroviny, zejména ve formě stříží, pro textilní průmysl. Významnou součástí surovinové základny jsou také sekundární vlákenné suroviny pocházející z technologických odpadů ve všech stupních zpracování vláken v textilním a oděvním průmyslu a ze sběrových textilií.

Nejčastěji používanými jsou celulózová, polypropylenová, polyamidová a polyesterová vlákna.

Mezi speciální vlákna patří např. vlákna příčně profilovaná, která jsou nejčastěji vyráběná z běžných vláknotvorných polymerů. Příčný průřez těchto vláken nemá kruhový tvar, a proto se nazývají "příčně profilovaná". Profilu je dosaženo volbou podmínek zvlákňování a dloužení, a hlavně tvarem zvlákňovací hubice. Je tedy prakticky možné vyrobit vlákna s libovolným profilem.

Dalším typem speciálních vláken jsou bikomponentní vlákna, vyráběná nejčastěji ze dvou různých polymerů zvlákňováním pomocí zvláštní zvlákňovací hubice. Tato vlákna

se aplikují buď samotná, nebo do směsi. Kromě těchto se používají ještě vlákna modifikovaná ve hmotě, které se vyrábějí za účelem dosažení některých vlastností, která si vlákna a výrobky většinou udrží i po praní nebo chemickém čištění. Je to dosaženo nejvíce přidavkem různých aditiv do polymeru před zvlákňováním. Nejčastějšími typy modifikovaných vláken jsou vlákna nehořlavá, odolná vůči ultrafialovému záření, matovaná, barvená ve hmotě a jiné.

Dalšími typy speciálních vláken jsou např. vlákna modifikovaná na povrchu, vlákna ze štěpené folie, skleněná, čedičová, silikátová, uhlíková vlákna, kovová, borová, keramická a aramidová vlákna. [5]

Výrobní postupy NT se stávají ze dvou základních operací: výroby vlákenné vrstvy (Tabulka 1) a jejího zpevnění, resp. fixace struktury vlákenné vrstvy.

V roce 2009 se vyrábělo 42 % netkaných textilií z vlákenné vrstvy připravované na principu technologie vyvinuté v 50. letech minulého století. [9] Na speciálně upravených vlnářských (nebo bavlnářských) mykacích strojích se rozvolňují chomáče vláken a vytvoří se pavučinka, která se ukládá podle určitého systému (podélně, příčně) v několika vrstvách nad sebou.

Asi 5 % výrobků pochází z vlákenné vrstvy připravované za mokra. Vlákná (zpravidla velmi krátká) vytvoří ve vodě směs s velmi nízkou koncentrací, ta se přivede k sítu, na kterém se voda odsává, vlákenná vrstva se ždímá a suší.

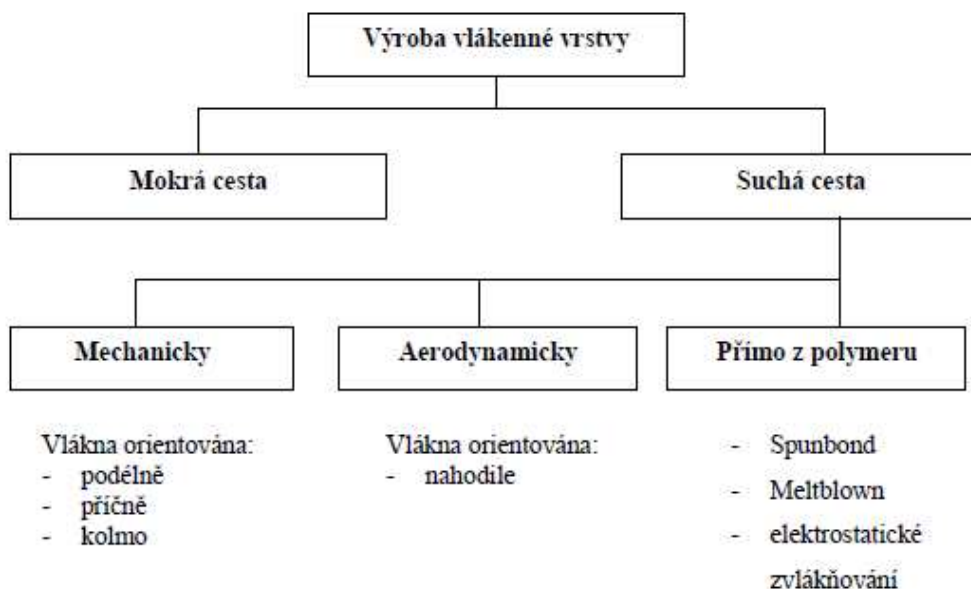
Podle technologie spun-bond se dnes připravuje asi 46 % vlákenných vrstev pro netkané textilie. Výroba spočívá v tavení granulátu, zvlákňování přes trysky a rozkládání hotových filamentů na dopravník. Jako základní vlákno se nejčastěji používá polypropylen.

Metodou melt blown se zpracovávají často velmi jemná vlákna (až 0,1 mikronu). Tavená a zformovaná vlákna se strhávají proudem vzduchu, chladí se a ukládají se na sběrný buben.

Elektrostatické zvlákňování znamená v principu tvorbu kapiláry z kapky polymeru procházejícího tryskou do elektrického pole s napětím až 50 kV. Hotová nanovlákná o průměru až pod 500 nm se (neuspořádaně) ukládají na příklad na textilní materiál, který se pohybuje po povrchu elektrody. Netkané textilie s nanovláknými mají mj. filtrační schopnosti, které se nedají dosáhnout žádnou jinou technologií.

K dalším způsobům výroby vlákněné vrstvy patří např. tvorba vrstvy ze spleti nekonečných vláken, štěpení folie, elektrostatické nanášení krátkých vláken na textilní plochy aj. [11]

Tabulka 1: Rozdělení netkaných textilií podle technologie výroby [5]



Vlákněné vrstvy se liší svou strukturou. Po dokončení výroby vlákněné vrstvy následuje fixace této struktury, spojená se zpevněním, které se provádí mechanicky, chemicky nebo termicky. Vzniká tak NT.

## 2.1 Technologické postupy užívané k fixaci struktury NT

V následujících postupech dochází k podstatnému zpevnění vlákněného útvaru buď původní struktury, nebo dojde ke změně struktury. Hlavním požadavkem je, aby ve vlákněném útvaru byla stabilizována poloha vláken, s níž souvisí požadované funkční vlastnosti, a aby soudržnost útvaru produktu odpovídala namáhání při aplikaci. Technologické postupy využívané k fixaci struktury lze rozdělit na: mechanické, chemické a termické.

## 2.1.1 Mechanické postupy

### Vpichování

Vpichování je jedním z nejstarších a dosud nejrozšířenějších způsobů zpevňování vláknenných vrstev. Původně byl vyvinut jako náhrada plstění. V průběhu vpichování dochází k výrazné pře-orientaci všech vláken, podstatné redukci tloušťky vláknenné vrstvy, a ke změnám délky i šířky útvaru. Podstatou vpichování je provazování vláknenné vrstvy svazky vláken vzniklými přeorientací části vláken účinkem průniku jehel s ostny, kdy je vláknenná vrstva je přiváděna vstupním zařízením mezi dva perforované rošty. V rostech jsou otvory, do kterých periodicky pronikají vpichovací jehly umístěné v jehelné desce. Ostny jehel zachytávají skupinky vláken, přeorientovávají je kolmo k vrstvě a protahují vrstvou. Vrstva je posunována odtahovými válci po tzv. opěrném spodním roštu a tzv. stěrací vrchní rošt zabezpečí vysunutí jehel z vláknenné vrstvy při zpětném pohybu soustav jehel.

Míra zpevnění vláknenné vrstvy souvisí mimo jiné s počtem vpichů na jednotku plochy vrstvy. Výchozí vláknenná vrstva musí být na rozměr menší (tenčí), než je vzdálenost roštů a proto musí být redukována přiváděcím zařízením bez vzniku nerovnoměrností. Tento problém se řeší buď konstrukcí přiváděcího zařízení, a/nebo použitím předvpichovacího stroje, který má nízký počet úzkých jehel v desce s větší vzdáleností roštů, případně speciální konstrukci. Zabezpečují sice rovnoměrné ztenčení vláknenné vrstvy, avšak za zvýšení nákladů.

Soudržnost vpichovaných textilií spočívá na tření mezi vlákny. Při deformaci textilie se vlákna přeorientovávají ve směru působící síly. Přitom se zvětšují jejich vzájemné třecí plochy a současně síla, kterou jsou k sobě přitlačována.[5][6]

### Spun-laced

Technologie Spun-laced, neboli zpevňování paprsky vody, je proces výroby netkaných textilií, kde je využito proudu vody k provázání jednotlivých vláken rouna. Proces ve zkratce zahrnuje nejdříve výrobu vláknenné vrstvy, následně zpevňování vodními paprsky neboli proviřování, a pak následné odvodnění a sušení. V souvislosti s touto technologií se ke zpevnění výchozí vláknenné vrstvy nepoužívají žádné chemikálie v podobě pojiv. Soudržnost textilie zajišťují, obdobně jako u přízí, třecí síly mezi vlákny.

Hlavní výhodou této technologie je její vysoká výrobnost zařízení, hygienická nezávadnost výrobků a textilie se vyznačují vynikajícími mechanickými vlastnostmi.

Výrobky vyrobené touto technologií se výrazně liší od většiny netkaných textilií a blíží se svým chováním spíše k pleteninám a tkaninám, zejména díky jejich charakteristické dobré splývavosti. Textilie mají díky velkému počtu vyčnívajících konců vláken měkký a příjemný omak. Kromě vysoké splývavosti se vyznačují také pevností, výbornou prodyšností a nízkým počátečním modulem v tahu, což má za následek vysokou pohyblivost vláken při malých deformacích. Obvykle se používají hydrofilní vlákna a díky tomu se NT vyznačují dobrými absorpčními schopnostmi.

Nevýhodou jsou ovšem vysoké investiční náklady na zařízení a díky potřebě sušení výrobku také vysoká energetická náročnost procesu.[5][6]

### **Proplétání**

Zpevňování technologií proplétání se někdy zahrnuje do oboru netkaných textilií a spočívá v mechanickém provazování vlákenné vrstvy, nejčastěji rouna, soustavou vazných nití. Plošné textilie vyrobené proplétáním označujeme jako proplety, což jsou v podstatě výplňkové osnovní pleteniny, kde výplněk je rouno nebo jiná vlákenná vrstva. Souvisí tedy spíše s pletením, než s NT. [5][6]

### **Kvazi-příze**

Je to metoda vyvinutá na katedře netkaných textilií Technické univerzity v Liberci. Je založena na zakrucování konců vláken vystupujících z vlákenné vrstvy a nazývá se metodou „kvazi-přízi“. Tento postup umožňuje vytvářet jak "konvenční" produkty, tj. produkty o konstantní tloušťce a hustotě, a tzv. "nekonvenční" produkty, které se místy liší v tloušťce i hustotě.

Metodu lze užívat ke zpevnění objemných vlákenných útvarů, jako jsou pneumaticky vyrobená rouna nebo vrstvy z kolmo vrstvené pavučiny, z vpichované textilie, počesané textilie a vlasové textilie. Vysoce objemné vlákenné útvary se používají např. v oděvní výrobě jako výplně sportovních a pracovních oděvů, prošíváných příkrývek, spacích pytlů, v čalounickém průmyslu jako výplňkové a výztuhové materiály, a ve stavebním průmyslu jako materiály tepelně izolační. [7]

Technika kvazi-přízí je využitelná u výrobců vláknenných izolačních materiálů z textilních surovin zejména tam, kde nelze aplikovat klasické postupy. Vpichování totiž zvyšuje hustotu výrobku a materiály pro zvýšení pevnosti (prášky, disperze) zase omezují použití produktů z důvodu hořlavosti a uvolňování škodlivin do ovzduší jako např. izolací pro vyšší teploty. Tato technika se dá rovněž využít na textilie vyrobené z odpadových méně kvalitních materiálů, kde pojiva materiál zbytečně zdražují. Pro získání potřebné pevnosti se dají aplikovat armovací sítě. Zpevňování technikou kvazi-přízí je energeticky nejméně náročné v porovnání s vpichováním nebo termickým pojením.

### **Výhody kvazi-přízí**

- Nízká spotřeba energie
- Nejsou náročné na instalační plochu
- Nevyžadují speciální vláknenné směsi
- Zajišťují variabilitu výrobků [7]

## **2.1.2 Chemické postupy**

Určité typy netkaných textilií vyžadují chemické pojivo ke zpevnění a zafixování struktury. Kromě toho pojivo ovlivňuje konečné vlastnosti, které jsou nezbytné pro efektivní využití textilie. Používají se různé formy pojiv:

- roztoky polymerů - ve vodě nebo v organických rozpouštědlech
- vodné disperze polymeru
- zpěněné vodné disperze polymeru
- pasty [5][6]

### **Impregnace**

Při impregnování se pojivo na vláknennou vrstvu nanáší tak, že je surovina vedena nádrží s disperzí pojiva, kde dojde k prosycení vrstvy disperzí. Následně je vláknenná vrstva odždímána mezi dvěma válci s regulovatelným přtlakem. Ve vrstvě tedy zbude pouze požadované množství disperze. Nakonec je vyvolána koagulace pojiva, což je rozpad disperze spojením jejích částic, která se dá vyvolat několika postupy:

- odstraněním disperzního prostředí (vody) jejím odpařením
- využitím termosenzibilizátorů. [5][6]



### Odpaření vody

Probíhá v sušících zařízeních, která většinou kontinuálně navazují na část výrobní linky pro nános pojiva, kde postupně k následujícím dějům: ohřev vody k teplotě varu za současného odpařování a zvyšování koncentrace sušiny v disperzi ke kritické koncentraci koagulace -> přeměna vody v páru, intenzivní odpařování, koagulace -> odpaření zbytku vody (sušení) -> případně zvýšení teploty (120-160°C) a síťování.

Odpařování vody se zvláště u některých ohřevných systémů (kontaktní ohřev) odehrává převážně na povrchu textilie, kde je nižší koncentrace vodní páry a odkud je pára transportována difuzí nebo konvekcí do okolí. K odpařování a následnému rozpadu disperze pojiva proto dochází zejména na volném povrchu vlákenné vrstvy a proto kapalné pojivo z vnitřku vrstvy, kterému brání nasycené vodní páry procesu odpařování do prostředí, je mezi-vláknými kapilárními prostory transportováno do blízkosti povrchu, aby mohlo dojít k jeho rozpadu.

Výsledkem tohoto procesu je textilie s vyšším obsahem pojiva v blízkosti jednoho nebo obou povrchů. To vede k nižšímu využití pojiva a k zvýšení ohybové tuhosti výrobků. [5][6]

### Koagulace účinkem termosenzibilizátorů

Termosenzibilizátory způsobí koagulaci disperzí při 40-95°C podle typu a koncentrace termosenzibilizátoru, bez odstranění vodného disperzního prostředí. Tento jev má některé výhody:

- pojivo koaguluje současně v celém objemu textilie, čímž se zamezí výše popsanému mechanismu zvyšování koncentrace pojiva v blízkosti povrchů. Dochází k lepšímu využití pojiva, zlepšení pevnosti, splývavosti a omaku.
- zamezení znečišťování funkčních součástí sušících strojů pojivem vneseným k povrchu vlákenné vrstvy unikající vodní parou
- možnost následného odstranění části vody odmačknutím, které je podstatně levnější než sušení. [5][6]

### *Síťování*

Reakce síťování probíhají většinou po dokončení procesu sušení, kdy je možno zvýšit teplotu na 120-160°C a čas síťování je podle použitého síťujícího systému 1-6 min. Síťováním vznikají trojrozměrné struktury pojiva což má za následek zvýšení odolnosti

pojiva, tak i výrobku vůči vodě, chemikáliím a tím např. omezení bobtnání, stárnutí, procesům údržby, tečení vlivem dlouhodobého namáhání atd.

Je důležité, aby vlákenná vrstva měla nízké povrchové napětí, tedy dobrou smáčivost povrchu vláken, proto aby došlo k prosycení vlákenné vrstvy disperzí. Vzhledem k tomu, že disperze jsou stabilizovány povrchově aktivními látkami, které snižují jejich povrchové napětí, to většinou nebývá problém.

Stupeň odmačku se vyjadřuje jako množství kapaliny ve vlákenné vrstvě po průchodu ždímacími válci v procentech (hmotnost suché vrstvy je 100%). Dosažený stupeň odmačku je závislý na mnoha proměnných (hygroskopicitě, jemnost a tuhost vláken, viskozita disperze, povrchové napětí, materiál povrchu válců), prakticky je však regulovatelný zejména přitlakem válců. Přitlak válců je definován jako síla vztažená na jednotku délky svěrné linie válců a dosahuje hodnot až 50 000 N/m. Dosahované hodnoty odmačku se pohybují v rozsahu 80- 400%.

V praxi se dá využít zejména zařízení, tzv. fulár, který je vhodný zejména právě pro již zpevněné vrstvy. [5][6]

### **Stříkání**

Podstatou technologie je rozstříkávání pojiva nad vlákennou vrstvou, kde na povrch vlákenné vrstvy dopadají kapičky pojiva a ulpívají na vláknech převážně v blízkosti povrchu vrstvy. K rozstříkávání pojiva se využívá stříkacích pistolí známých z jiných oborů, které fungují na stejném principu (lakování, malířství pokojů, ošetřování ovocných stromů) nebo zařízení pro rozstříkávání rotujícím kartáčem, případně hladkým válcem.

Stříkací pistole pracují na pneumatickém nebo vysokotlakém principu a pohybují se vratným pohybem kolmo ke směru pohybu vlákenné vrstvy. Používá se jedné pistole nebo jejich soustavy v různém uspořádání. Cílem je rovnoměrně pokrýt vlákennou vrstvu pojivem při maximálním výkonu zařízení. Pro rovnoměrnější rozmístění pojiva v objemu textilie se využívá stříkání z obou stran v kombinaci s podtlakovým prosáváním. [5][6]

### **Vzorové nanášení tiskem a raklí**

Cílem nanášení tiskem je nespojitý nános pojiva v ploše textilie, který plochu textilie dělí na části propojené, zajišťující vzájemnou soudržnost vláken a na části nepropojené s vysoce pohyblivými úseky vláken. Nejpoužívanějšími postupy jsou tisk vzorovanými válci a perforovanými rotačními šablonami. Při nánosu raklí jde o roztírání

pojiva zejména na povrch textilie. Pojivo je přiváděno potrubím do zásobní nádržky nebo vratně se pohybující hadicí po šíři textilie. [5][6]

### 2.1.3 Termické postupy

Podstatou procesu tohoto způsobu zpevňování je nanesení pojiva na vláknennou vrstvu a/nebo vrstvení s plošným pojivým útvarem (mřížka, folie), následné tavení pojiva zvýšením teploty vrstvy, dále formování pojících míst a na konec zpevnění pojiva ochlazením.

Jak z výše uvedeného vyplývá, využívá se pojivých polymerů v různé formě:

- Prášky s rozměrem zrn obvykle mezi 0,1 – 0,5 mm se připravují nejčastěji mechanickým drcením granulátu ve speciálních mlýnech pod teplotou skelného přechodu, kdy se polymer stává křehký na chlazení, nebo měkký na topení ( $T_g$ ). V případě kopolymerů, které se vyznačují nízkými hodnotami skelného přechodu, je třeba použít speciální drtiče, jejichž funkční agregáty jsou chlazeny kapalným dusíkem. Vzhledem k tomu, že při drcení se vyvíjí teplo, je třeba počítat se značnými náklady na chladicí medium.
- Folie se připravují kalandrováním nebo vytlačováním taveniny tryskami tvaru mezikruží. Jejich použití je omezené vzhledem k nerovnoměrnému rozložení pojiva v objemu textilie.
- Mřížky se vyrábějí buď prořezáváním fólií a jejich následným roztahováním do šířky, nebo zvlákňováním speciálními zvlákňovacími tryskami. [5][6]

Z chemického hlediska se využívají pojiva typu buď níže-tajících homopolymerů (polypropylen, polyamid), nebo kopolymerů (kopolyestery s teplotami tání 110 – 260°C, kopolyamidy s teplotami tání 110 – 200°C, polyvinylacetát polvinylchlorid, etylen - vinylacetát apod.).

Volba typu polymeru resp. kopolymeru se řídí požadavky na tepelnou a chemickou odolnost výrobků a na míru zpevnění, která je dána zejména adhezí pojiva k základním vláknům. Adheze je kritickou veličinou z hlediska mechanických vlastností výrobků a z hlediska jejich odolnosti v praní a chemickém čištění. Adheze, na rozdíl od chemického, je u termického způsobu zpevňování textilií důležitá vzhledem k relativně malé ploše styku pojiva s vlákny. Menší plocha styku je dána podmínkami tvorby pojících míst, zejména vysokou viskozitou tavenin polymerů. Obecně platí, že adheze mezi různými polymery je

tím vyšší, čím jsou si tyto polymery chemicky podobnější. Kopolyamidy mají díky přítomnosti polárních skupin dobrou adhezi k většině základních vláken, ale pro pojení polyesterových vláken jsou zase výhodnější kopolyestery. Polypropylen je zase vhodný pro zpevnění výrobků, které nejsou určeny k chemickému čištění či praní (stavební a průmyslová izolace apod.).

Nejčastěji používanou formou pojiva jsou níže-tající monokomponentní nebo bikomponentní vlákna. Tato vlákna, zejména v technologii teplovzdušného pojení, musí mít některé specifické vlastnosti:

- Dobrou adhezi základním vláknům.
- Nízký obsah a vhodný typ povrchové preparace. Preparace obecně snižuje adhezi a jejím odpařováním se znečišťuje ovzduší.
- Nízkou sráživost za tepla, protože vysoká sráživost vede k zužování výrobku a k vzniku nerovnoměrností.
- Vhodnou teplotu tání vzhledem k tepelné odolnosti základních vláken a k požadavkům na tepelnou odolnost výrobků.
- Odolnost vůči tepelné a tepelně-oxidační degradaci při teplotě pojení.
- Nízkou viskozitu taveniny. Zajišťuje se volbou polymeru s nižší molekulovou hmotností a vyšším indexem toku. Vysoká viskozita brání přeformování taveniny do pojících míst. [5][6]

Nejčastěji používané postupy jsou následující.

### **Pojení kalandrem**

Při zpevňování kalandrem probíhá vlákenná vrstva s pojivem, např. ve formě vláken bikomponentních vláken, štěrbinou mezi dvojicí válců, z nichž jeden nebo oba jsou vyhřívány. Mezi válci dojde ke stlačení vrstvy a k jejímu ohřátí na takovou teplotu, kdy pojivo taje, nebo je případně deformovatelné působením vnější síly, tedy ve viskoelastickém stavu. Vlivem tlaku je pojivo formováno do tvaru pojících míst. Následným ochlazením dojde ke zpevnění pojiva a vlákenné vrstvy.

Kalandry pro výrobu netkaných textilií jsou nejčastěji dvouválcové, s ocelovými válci o průměru 150 - 300 mm. Válce kalandru jsou vytápěny obvykle olejem, přehřátou vodou nebo jiným kapalným médiem uzavřeným či cirkulujícím uvnitř válce a ohříváným elektricky, parou, plynem nebo jiným způsobem. Válce jsou vyrobeny z tlustostěnných

trubek z vysoce homogenní oceli a díky tomu zajišťují rovnoměrný rozvod tepla po celém svém povrchu a mají odolnost proti průhybu vlivem vloženého zatížení. Kromě toho je rovnoměrnost přtlaku po délce svěrné linie obvykle 2 m.

Kalandry jsou konstruovány pro vyhřívání obvykle do 250°C, pro přtlak válců do 300 000 N/m a pro pracovní rychlosti do 150 m/min. Pojiva jsou nejčastěji ve formě prášku naneseného na vrstvu nebo pojivých vláken přimíchaných k základním vláknům, případně fólií, mřížek a podobně, vložených mezi dvě vrstvy základních vláken. Válce mohou být hladké nebo rastrované. Hladkými válci se vlákenná vrstva propojí v celé ploše, zatímco rastrovanými v pojících místech volitelných tvarů a rozměrů.

Základními parametry procesu pojení kalandrem jsou:

- typ a koncentrace pojiva
- teplota
- tlak
- rychlost postupu vlákenné vrstvy
- plošná hmotnost vlákenné vrstvy

V závislosti na uvedených veličinách dochází k roztékání pojiva a tvorbě spojů mezi základními vlákny.

Výrobky se blíží vlastnostmi papíru proto, že se vyznačují nízkou objemností a vysokou smykovou tuhostí. Díky rozmístění pojiva v ploše ve formě pojících míst, jsou mezi pojíci místy plochy s volnými, neukotvenými a snadno pohyblivými úseky základních vláken. To vede k zvýšení ohebnosti, splývavosti, prodyšnosti, pevnosti v dalším trhání, a ke zlepšení omaku při nepatrném snížení tahové pevnosti.

Typickými výrobky pojenými kalandrem jsou filtry, textilie pro nemocnice, hygienické zboží, čistící textilie, různé typy textilií vyrobené pod tryskou atd. [5][6]

### **Teplovzdušné pojení**

Při teplovzdušném pojení se zpracovává nejčastěji směšová vlákenná vrstva připravená ze směsi základních a pojivových vláken. Jsou však možné i jiné varianty, např. folie nebo mřížka z termoplastického polymeru je vložena mezi dvě vrstvy ze základních vláken. Podmínkou teplovzdušného pojení je propustnost zpracovávané vlákenné vrstvy pro vzduch.

Teplovzdušný ohřev se realizuje v pojících komorách s cirkulujícím horkým vzduchem. V zásadě se používají komory s jedním, dvěma nebo více perforovanými bubny

---

Aplikace techniky „kvazi-přízí“ ke zvýšení pevnosti netkaných textilií 21

a s horizontálním síťovým pásem. U výstupu z komory nebo uvnitř komory může být umístěna dvojice horkých či chladných kalandrovacích válců sloužící ke zvýšení pojícího efektu účinkem tlaku. Přitom ovšem dochází obvykle ke snížení tloušťky výrobku. [5][6]

### **Pojení ultrazvukem**

Technologie pojení ultrazvukem byla původně vyvinuta jako náhrada šití. Při jejímž pojení se vlákenná vrstva přivádí mezi kovovou sonotrodu a podložku, která je nejčastěji tvořena přiváděcím bubnem, a materiál je zde sevřen nastavitelným tlakem. Kovová sonotroda přenáší kmitání z generátoru ultrazvuku s charakteristickým kmitočtem 18 000 Hz, jejíž kmitavá energie sonotrody se ve vlákenném materiálu přeměňuje na tepelný kmitavý pohyb molekul a dochází ke zvyšování teploty materiálu, která musí dosáhnout teploty měknutí nebo tavení polymeru. Výhodami jsou vysoké výrobní rychlosti a možnost využití termoplastického materiálu současně jako pojiva. Nevýhodou je nutnost použití drahých materiálů jako např. titan pro výrobu sonotrod. [5][6]

## **2.2 Technologické postupy užívané ke zvyšování pevnosti NT**

Pevnosti NT získané po výrobě vždy plně nevyhovují pro některé aplikace. Je třeba proto dodat nebo zvýšit pevnost na takovou úroveň, aby produkt pro aplikace vyhověl.

### **2.2.1 Povrstvování NT**

Povrstvováním rozumíme úpravu již zpevněných netkaných textilií prováděnou pouze na povrchu upravovaných textilií. Povrstvování lze provádět zátěry, aplikací membrán nebo řízenou impregnací.

Zátěrem se vytvoří pevný, pružný film v různě silných vrstvách, např. tzv. klimatická membrána.

#### **Polymery užívané k povrstvování**

- Polyvinyl chlorid (PVC)
- Polyvinyliden chlorid (PVDC)
- Polytetrafluoroethylen (PTFE)

- Kaučuk
- Styren-butadien pryž (SBR)
- Polychloropren (neopren)
- Silikonové pryže
- Polyuretany [4]

K povrstvování se užívá různých technik jako např.:

- Povrstvování pomocí raklí, kterými se nanášejí disperze, pěny, pasty, plastisoly apod. s cílem běžných úpravářenských procesů, nános lepidel a výroba povrstvených substrátů jako např. nepromokavé materiály nebo syntetické usně.
- Bodový nános prášku se používá s cílem následného adhezivního spojení textilie s dalšími substráty jako např. nažehlováním. U tohoto postupu se zmenšuje spotřeba prášku a zlepšuje se tudíž prodyšnost a ohebnost.
- Rotační šablony jsou využívány k bodovému povrstvování prášky, pastami nebo taveninami polymeru, kde hustotu pojících míst udává typ perforace šablony.
- Povrstvování polymerem, nejčastěji polyetylenem nebo polyvinylchloridem, jehož výsledkem bývá kompozit s pevně spojenými složkami (koženka, geomembrána), se provádí pomocí kalandrů v různém uspořádání. [5][6]
- Aplikace membrán

Membránou rozumíme tenkou vrstvu polymerního materiálu (0,2–10  $\mu\text{m}$ ). Membrány aplikujeme na NT natavováním nebo lepením a v poslední době se využívá také ultrazvuku. Aplikací membrán lze zajistit nejen pevnost, ale získat i jiné vlastnosti jako nepropustnost pro vodu, neprodyšnost pro páru apod.

Nejčastěji používané materiály jsou:

- Polytetrafluorethylen (PTFE) a ostatní fluorpolymerní produkty
- Kopolymer z polyuretanu (PUR) a polyetylen-oxidu (PEO) [10]

## 2.2.2 Aplikace prášků do struktury NT

Aplikace prášků pokrývá rozsáhlý trh s NT od kosmetiky a zdravotnictví, až po izolační nebo konstrukční panely. Klíčovým přínosem využití prášků je snížení nákladů

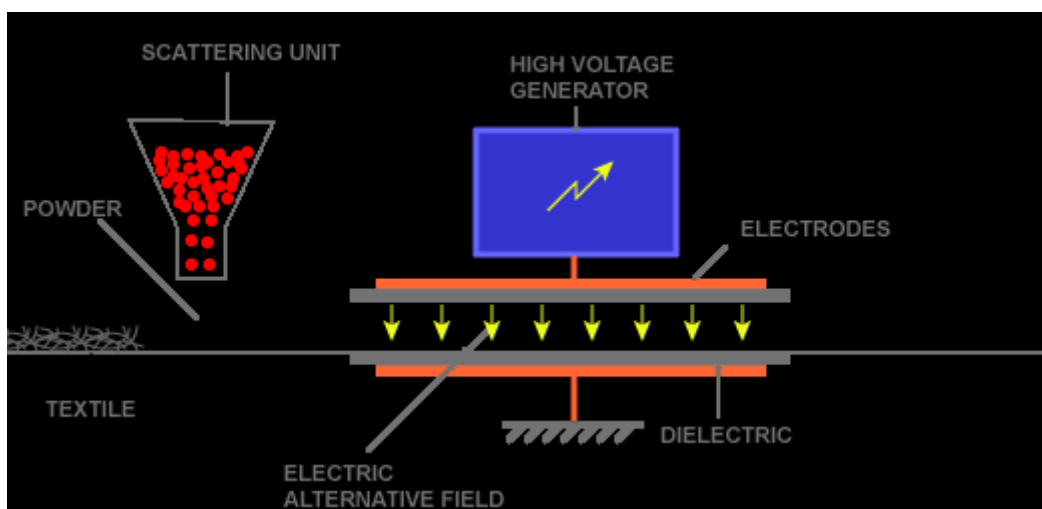
(spotřeba vody a energie) v porovnání např. se zátěry, a především možnost vytváření nových produktů specifických vlastností. Pro aplikaci se využívá pole vysokého napětí, ultrazvuku, pneumatických a mechanických postupů (natřásání).

Dnes se rozšiřuje postup patentovaný firmou Fibroline, znázorněný na obrázku 1, může být popsán takto:

- Systém elektrod (ELECTRODES) je připojen na alternativní vysoké napětí generátoru (HIGH VOLTAGE GENERATOR), např. 10 až 50 KW.
  - Elektrody jsou chráněny vhodným dielektrickým (DIELECTRIC) materiálem.
  - Prostor mezi dvěma elektrodami se liší podle tloušťky vlákenné vrstvy
  - Správné množství prášku (SCATTERING UNIT & POWDER) je rozptýleno na textilií (TEXTILE).
  - Vlákenná vrstva (TEXTILE) pak prochází mezi dvěma dielektriky a silné alternativní elektrické pole je vytvořeno vysokým napětím aplikovaným na elektrody (ELECTRIC ALTERNATIVE FIELD).
  - Na konci procesu se všechnen prášek, který byl rozptýlen na povrchu vrstvy, nachází uvnitř.
  - Ve většině případů je doba 10 s setrvání dostatečná a vede k homogenní distribuci prášku dovnitř vrstvy.
  - Je důležité si uvědomit, že uvnitř přístroje nedochází k navýšení teploty a uvnitř materiálu nezůstává na konci procesu statická elektřina.
  - Spotřeba energie celého systému je velmi nízká: například na 4 m dlouhou a 1,20 m širokou vrstvu, stroje běžícího na rychlost 10m/min, se vyžaduje méně než 15 KW.
- [8]



Obrázek 1: FIBROLINE proces [8]



Aplikace se odehrává mezi elektrodami pomocí plazmy. Plazma je iontové plynné médium. Tato plazma je tvořena silným elektrickým polem mezi dielektriky a dochází zde k ionizaci molekul. Tyto plynné ionty drží na povrchu práškových zrn a na povrchu vláken. Nabitá prášková zrna jsou akcelerována nahoru a dolů 50 krát za sekundu (je-li frekvence vysokého napětí 50 Hz) silným alternativním elektrickým polem vytvořeným mezi elektrodami. To má za následek vytvoření oblaku prachu mezi dielektriky. Jakmile prášková zrna proniknou do vlákenné vrstvy, jejich další pohyb je zablokován, protože zrna ztrácejí svou kinetickou energii a jsou nuceny zůstat mezi vlákny. V kontinuálním procesu se dynamický oblak zmenšuje a textilní vrstva zvětšuje.

Skutečnost, že se zde vyskytuje plazma a převádí elektrické náboje do práškových zrn a do vláken, vede k zajímavým jevům: Díky elektrostatickému odpuzování se nabitých vláken se síť vláken během elektrického procesu otevírá, a tím je pronikání zrn prachu jednodušší. Mezi zrny dochází k dynamické kolizi uvnitř oblaku a tím k dokonalému horizontálnímu rozptýlení prášku, dokonce, i když je zhruba rozptýlen.

Prášková zrna se preferenčně opravují sami v místě, kde se nacházejí můstky sítě optických vláken tam, kde jsou nejlépe umístěny pro termické spojování, což umožní významnou úsporu materiálu. Kinetika průniku může vést k poklesu koncentrace prachu podél tloušťky materiálu, který pro určité aplikace výrazně zlepší výkon produktu.

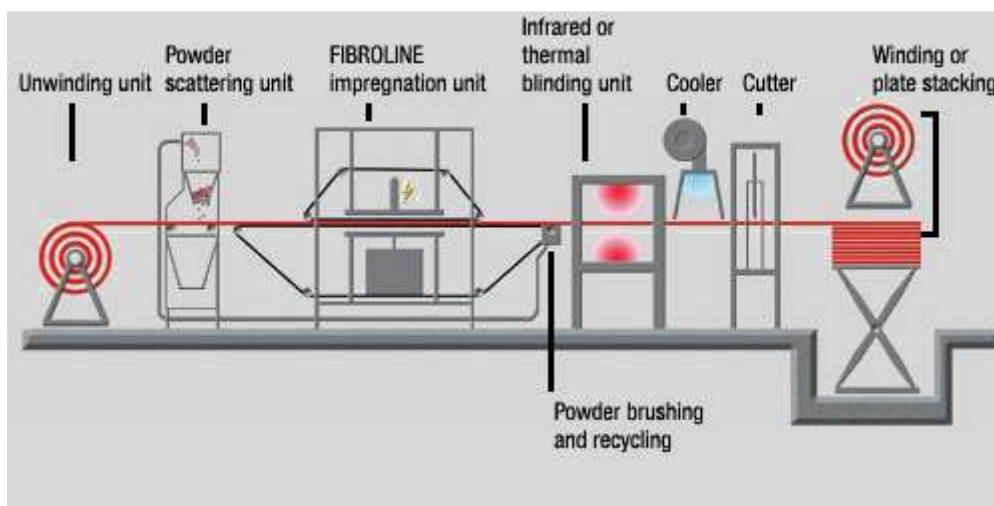
Samozřejmě, že dobrá výkonnost procesu vyžaduje určitou shodu mezi geometrií vláken, granulometrií prášku a elektrostatickými vlastnostmi. Je zřejmé, že průměrná volná dráha mezi vlákny by měla být větší než velikost zrna prachu. Granulometrie prášku a

složení jsou také důležité, protože zrna jsou elektricky nabitá. Nejlepších výsledků je obvykle dosaženo s granulometrií prášku od 50 do 300 $\mu$ . [8]

Pro kontinuální impregnaci produktů proces vyžaduje další vybavení, kromě centrální impregnační jednotky (viz obrázek 2):

- odvíjecí jednotka (unwinding unit)
- jednotka pro rozptýlení prachu s napájecím systémem (powder scatter unit with its feeding system)
- pec (Infrared or thermal blinding unit)
- navíjecí jednotka nebo řezačka desek (Cutter, Winding or Plate stacking)

Obrázek 2: Kompletní průmyslová impregnační linka [8]



Impregnace Fibroline procesem trvá od 5 do 20 sekund v závislosti na hmotnosti NT a na rychlosti přísunu prášku požadované impregnace. Rychlost kontinuálního zařízení se může lišit od 3 do 6 m/min pro skleněné materiály, 100 m/min nebo více pro lehké tenké materiály. [8]

### 2.2.3 Laminování NT – kompozitní struktury

Laminování je postup, kdy vzájemným spojením dvou a více vrstev různých materiálů vzniká kompozitní díl specifických vlastností. Podle typu kompozitu je pro laminování využívána různá matrice – pojivo. V případě využití chemických prostředků, vhodných pryskyřic, vznikne po vytvrzení klasický tuhý (pryskyřice) nebo pružný (pěna)

kompozitní díl. Ke vzájemnému spojení dvou plošných materiálů s cílem získat vyšší pevnost produktu může však dojít i bez lepidel – mechanicky jako např. vpichováním nebo aplikací kvazi-přízí. [4]

### **3 KVAZI-PŘÍZE A JEJICH APLIKACE**

Pevnosti NT získané po výrobě vždy plně nevyhovují pro některé aplikace. Pak je třeba dodat nebo zvýšit pevnost na takovou úroveň, aby produkt pro aplikace vyhověl. Metodu vyvinutou na katedře netkaných textilií Technické univerzity v Liberci, která je založena na zakrucování konců vláken vystupujících z vlákenné vrstvy a nazývá se metoda kvazi-přízí, lze využít ke zvýšení pevnosti NT. To buď přímo aplikací souvislých kvazi-přízí na povrch NT, nebo častěji využitím kvazi-přízí k připevnění armovací sítě na povrch NT.

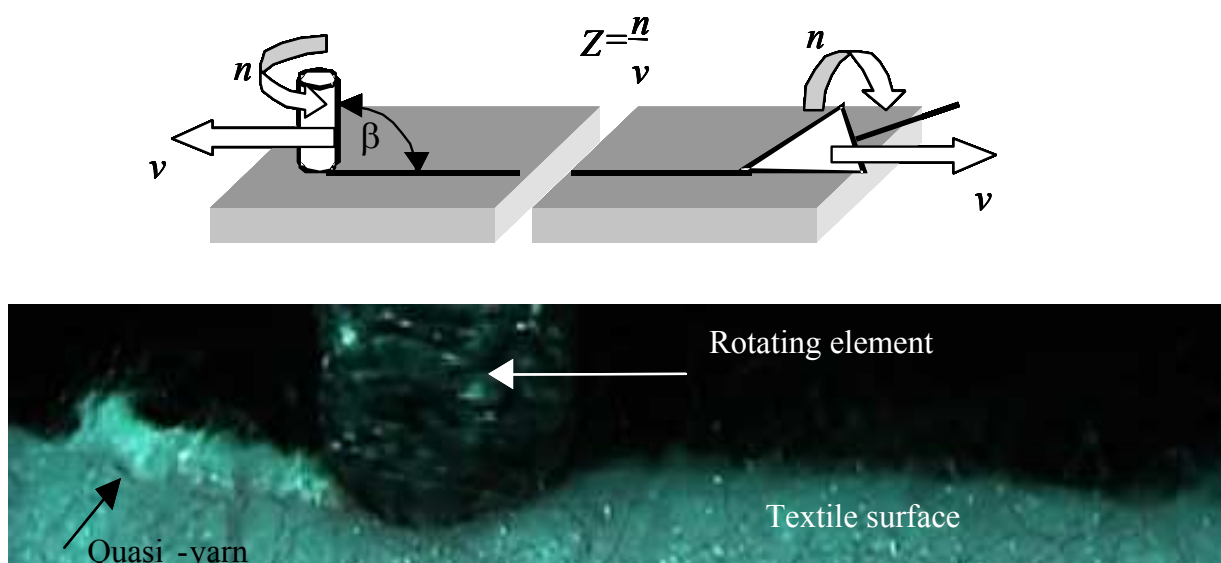
#### **3.1 Princip vzniku kvazi-přízí**

Podstatou způsobu zpevnění objemných vlákenných útvarů je to, že se postupně konce vláken, vystupujících z jednoho a/nebo druhého povrchu délkového vlákenného útvaru, zakrucují do spoje tvaru příze. Konce vláken, povytažených z jednoho a/nebo druhého povrchu délkového vlákenného útvaru, se mohou zakrucovat s výhodou společně s vlákny, vystupujícími z povrchu dalšího délkového útvaru. Na jeden a/nebo druhý povrch vlákenného útvaru se může umístit síťový útvar nebo soustava nití a teprve poté se postupně konce vláken, vystupujících z jednoho a/nebo druhého povrchu vlákenného útvaru, zakrucují. [7]

Zařízení, které bylo utvořeno pro tento způsob mechanického zpevnění, se skládá ze zakrucovacích elementů, které jsou v řadě uchyceni v rámu a umístěny mezi pevné přidržovací prvky. Ty jsou umístěny nad vlákenným útwarem v regulovatelné výšce stejně jako podávací a odebírací kotouče, avšak je možné je nahradit pásovým dopravníkem pro posouvání vlákenného útvaru. [7]

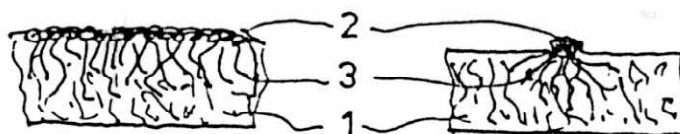
Jak klasická, tak i kvazi-příze patří do vlákenných útvarů, které jsou vyrobeny zakroucením. V protikladu s klasickou přízí, „kvazi-příze“ jsou tvořeny zakroucením konců vláken nebo volných úseků konců vláken na povrchu textilie.

Obrázek 3: Princip výroby kvazi-příze [2] + foto z rychlokamery

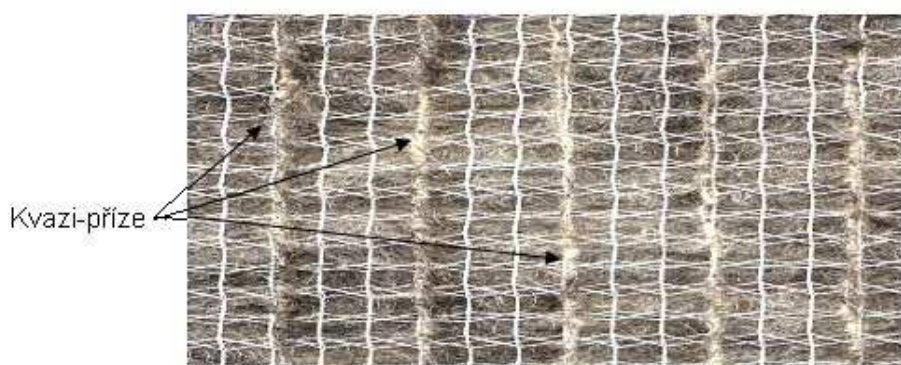


Výroba kvazi-příze je v podstatě jednoduchá. Je potřeba vhodného rotujícího tělesa, které se bude pohybovat po povrchu textilie, jak je ukázáno na obrázku 3. Výsledný produkt je znázorněn na obrázku 5.

Obrázek 4: Model kvazi příze [2]



Obrázek 5: Ukázka kvazi-příze na povrchu



Model struktury „kvazi-přízí může je znázorněn na obrázku 4. Dalo by se to přirovnat ke „stonožce“, jejíž tělo je tvořeno zakroucenými vlákny na povrchu struktury a

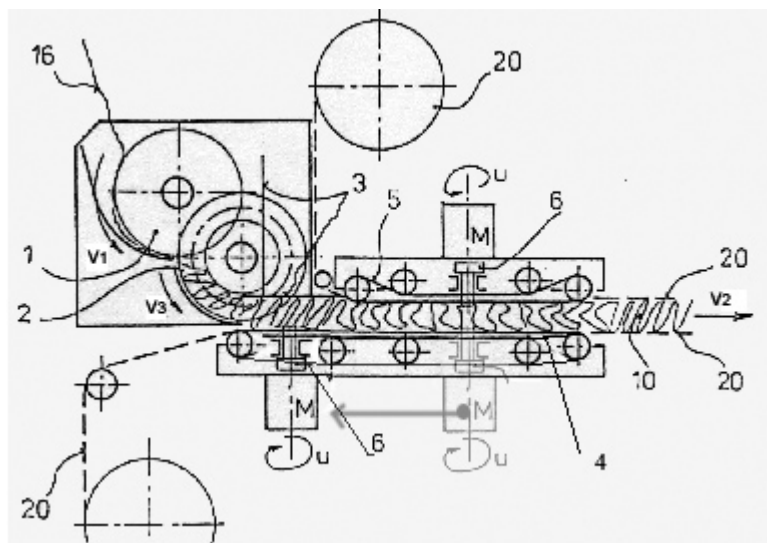
jejíž nohy sahají do hloubky struktury. Pokud jde o zásadu vzniku „kvazi-příze“, zjistilo se, že rotující těleso válcového nebo kuželovitého tvaru pohybující se na povrchu vlákenné vrstvy za sebou zanechává „cestičky“ ve formě zakroucených vláken. Tvar této „cestičky“ je podobný klasické přízi a proto se tento útvar nazývá „kvazi-příze“. „Kvazi-příze“ mohou být rozmístěny na povrchu vlákenné vrstvy paralelně a teoreticky v libovolných rozestupech. Základním technologickým parametrem kvazi-přízi je „T“ – počet zákrutů na 1 m, ale měření zákrutu kvazi-přízi je velmi obtížné. Dalším parametrem je „n“, což je počet otáček zakrucovacího elementu, a „v“ - rychlost posuvu zakrucovacího elementu po vlákenné vrstvě. [1][2][3]

Struktura kvazi-přízi je velmi složitý komplex. Vlákná na povrchu mezi-produktu, jsou zapletena sama do sebe, což dodává na pevnosti produktu. Pevnost kvazi-přízi závisí na počtu volných konců vláken na povrchu materiálu a/nebo na počtu volných úseků mezi pevnými kontakty vláken, na soudržnosti konců vláken (volných úseků) s fixovanou strukturou. Rozdíl mezi klasickou a kvazi-přízi je ten, že na klasické přízi lze snadno rozlišit zákrut S nebo Z, ale technika kvazi-přízi závisí na náhodném zaplétání se konců vláken do sebe. Kvazi-příze nemůže být z povrchu odstraněna bez jejího poškození. [1][2][3]

Na katedře netkaných textilií Technické univerzity v Liberci byla vyvinuta STRUTO technologie založená na převážně kolmém kladení vláken k rovině textilie a na následné fixaci vlákenné struktury horkých vzduchem v teplovzdušné pojící komoře, kde byla vrstva zpevněna roztavením podílu termoplastických pojivových vláken a jejich přeměnou na pojivo.

Na základě této zkušenosti o několik let později na stejné katedře byl uveden do provozu prototyp stroje, který používá mechanický způsob fixace struktury kvazi-přízemí. To umožňuje vytvářet jak "konvenční" produkty, tj. produkty o konstantní tloušťce a hustotě, a tak-zvané "nekonvenční" produkty, které se místy liší v tloušťce a hustotě. Jeho schéma je znázorněno na obrázku 6. [1][2][3][7]

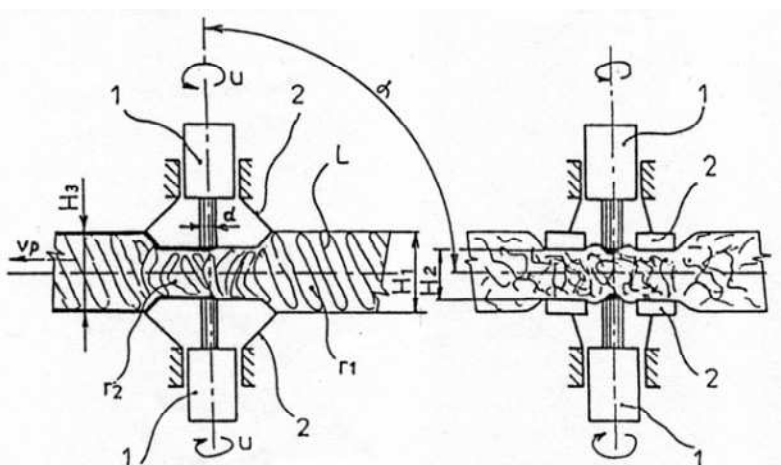
Obrázek 6: Schéma strojního zařízení pro aplikaci kvazi-přízí [2]



1, 2 kotouče k formování vertikálních skladů, 3 přitlačný rošt, 4,5 dopravníky, 6 fixační elementy pro tvorbu kvazi-přízí, 10 vertikálně složené a fixované rouno, 20 armovací síť

### 3.1.1 Technologické parametry

Obrázek 7: Systém pro tvorbu kvazi-přízí [2]



1 ložisko rotujícího tělíska, 2 rouno přidržující těleso

Z analýzy systému používaného pro tvorbu „kvazi-přízí“ vyplývá seznam důležitých technologických parametrů:

- Průměr zakrucovacího nástroje (fixační element)  $d$ ;
- Otáčky zakrucovacího nástroje  $u$ ;
- Rychlost pohybu vlákenné vrstvy  $v_p = v_2$  pod nástrojem;
- Úhel sklonu zakrucovacího ústrojí a rouna  $\alpha$ ;
- Tlak mezi povrchem zakrucovacího ústrojí a povrchem rouna;



Tlak je ovlivněn:

- Hustotou rouna  $r_1, r_2$ ;
- Materiálovou charakteristikou rouna

Je zřejmé, že účinek zakrucovacího zařízení závisí na jeho geometrickém tvaru a na „drsnosti“ jeho povrchu. Charakteristickým parametrem klasických přízí je jejich zákrut  $T_{\text{clas}}$  – počet zákrutů na 1m příze a parametr kvazi-příze  $T_{\text{quasi}}$  je definován podobně. Je to poměr otáček zakrucovacího zařízení “n” [1/s] a rychlostí s jakou se rotující těleso pohybuje po povrchu rouna  $v_2$  [m/s], resp. rouno pod nástrojem.

$$T_{\text{quasi}} = n/v_2 \text{ [1/m] [1][2][3][7]}$$

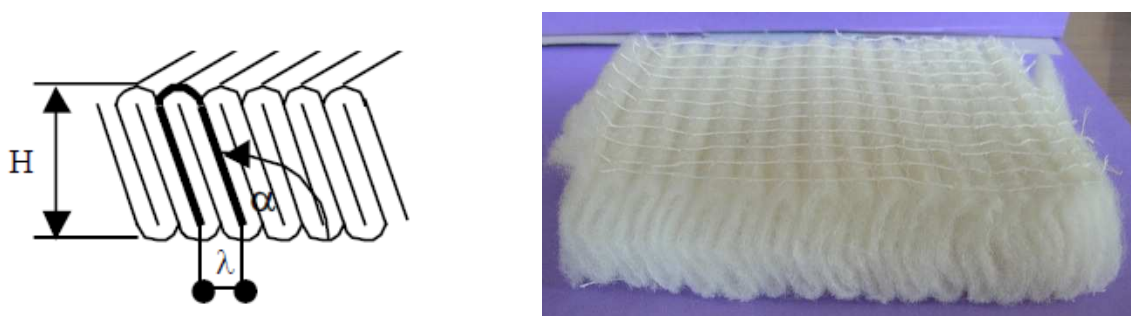
## 3.2 Textilie vhodné pro aplikaci techniky kvazi-přízí

Jak bylo uvedeno již dříve, kvazi-příze mohou být použity jak pro fixaci struktury rouna, tak i pro laminování/armování specifických produktů. Textilie vhodné pro aplikace „kvazi-příze“ lze charakterizovat tím, že mají dostatečný počet volných konců vláken nebo volných úseků vláken na povrchu textilie, dostatečnou soudržnost vláken s povrchem textilie.

### 3.2.1 Aplikace při fixaci struktury

Základním předpokladem pro tuto aplikaci je, že vlákna procházejí z jedné strany rouna do druhé (obrázek 8). Tuto podmínku splňují kolmo kladená rouna, tak i pneumatická rouna. Tento předpoklad pro aplikaci kvazi-přízemi nemusí splňovat pouze rouna. Je možné také vyrobit něco jako produkt s vlasovým povrchem určeným pro fixaci kvazi-přízemi jako např. vpichované textilie nebo textilie vyrobené technologií spun-laced. [2][3]

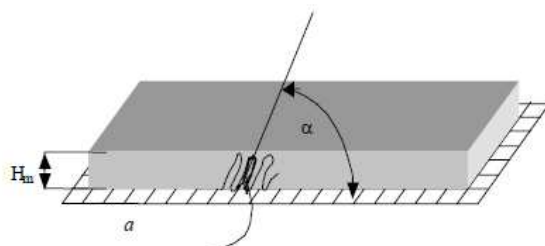
Obrázek 8: Kolmo kladené rouno – schéma + foto produktu [2]



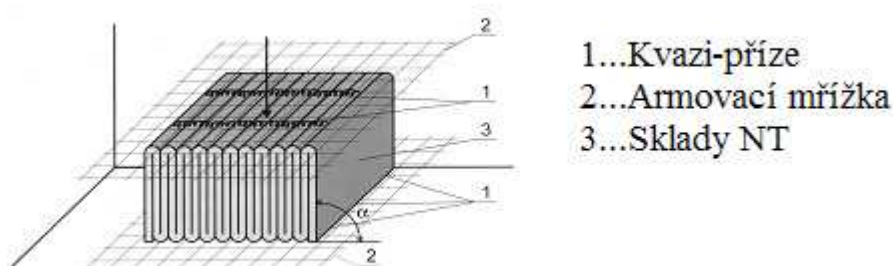
### 3.2.2 Aplikace při laminování s armovacími sítěmi

Účelem armování je zvýšení pevnosti výrobku, zajištění rozměrové stability výrobku a zvýšení ohybové tuhosti výrobku. Základní charakteristikou armovacích textilií jsou dostatečně velká oka v armovací síti. V průběhu formace kvazi-přízi musí rotující těleso „chytit volné úseky vláken“ procházející otvory armovací sítě, které „zachytí“ a zakrucuje do tvaru kvazi-přízi. Je vhodné použít armovací síť s otvory větší než 2x2 mm. [2][3] Armovací síť lze přidávat buď z jedné strany – viz obrázek 9, nebo z obou stran – viz obrázek 10.

Obrázek 9: Materiál s jednou armovací sítí [2]



Obrázek 10: Materiál s dvěma armovacími sítěmi [2]

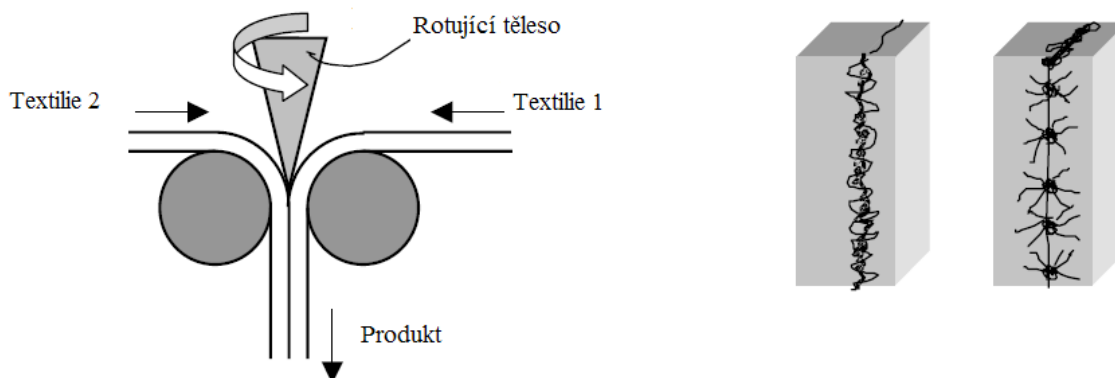




### 3.2.3 Aplikace při laminování s NT

Jedinou podmínkou je, že povrch textilních materiálů, mezi kterými je kvazi-příze tvořena, musí mít volné konce vláken, které mohou být "chycena" a zakroucena rotačním zařízením do kvazi-příze. [2][3] Schéma principu laminování NT je na obrázku 11.

Obrázek 11: Schéma principu laminování dvou NT [2]



## 4 EXPERIMENT

### 4.1 Cíl a rozsah experimentu

Cílem práce je objasnit vliv parametrů technologie používané k aplikaci kvazi-příze na vlastnosti produktů, konkrétně na pevnost produktu a na soudržnost armovací sítě s armovaným produktem. Obě tyto vlastnosti pozitivně ovlivňují uplatnění produktů na trhu, rozšiřují aplikační možnosti.

#### 4.1.1 Výběr materiálu pro experiment

Jako základní materiál byla použita:

- vpichovaná netkaná textilie z polyesterových vláken s názvem Fiberback od firmy Fibertex. Tloušťka = 0,6 mm, hmotnost = 106 g/m<sup>2</sup>
- armovací síť z polypropylenu (POP) firmy Conwed 5 x 5 mm., hmotnost 25 g/m<sup>2</sup>

#### 4.1.2 Výběr a stanovení technologických parametrů

**A) Výroba poloproduktu zvlněním materiálu Fiberback do produktu tloušťky 5 mm, hmotnosti 420 g/m<sup>2</sup>, vlnčet 40/10 cm**

Tabulka 2: Parametry pro výrobu poloproduktu

Vzdálenost fixačních desek	d=6,5 mm
Koeficient formování (poměr obvodové rychlosti ozubených kol a odtahových pásků)	k=1
Odtahová rychlost	v <sub>1</sub> =2 m/min
Otáčky ozubených kol	n=8,2 ot/min
Obvodová rychlost ozubených kol	v <sub>2</sub> =5,66 [m/min]
Otáčky fixačních elementů	18 000 ot/min
Skutečné zhuštění vzorku po roztažení textilie	h=4

Poloprodukt pro experiment byl zafixován a zpevněn po této operaci pouze z jedné strany produktu a byl vyroben na zařízení podle obrázku 12.

Obrázek 12: ROTIS



**B) Zvyšování pevnosti tohoto poloproduktu aplikací dalších kvazi-přízí a armovací sítě na druhou – volnou stranu produktu.**

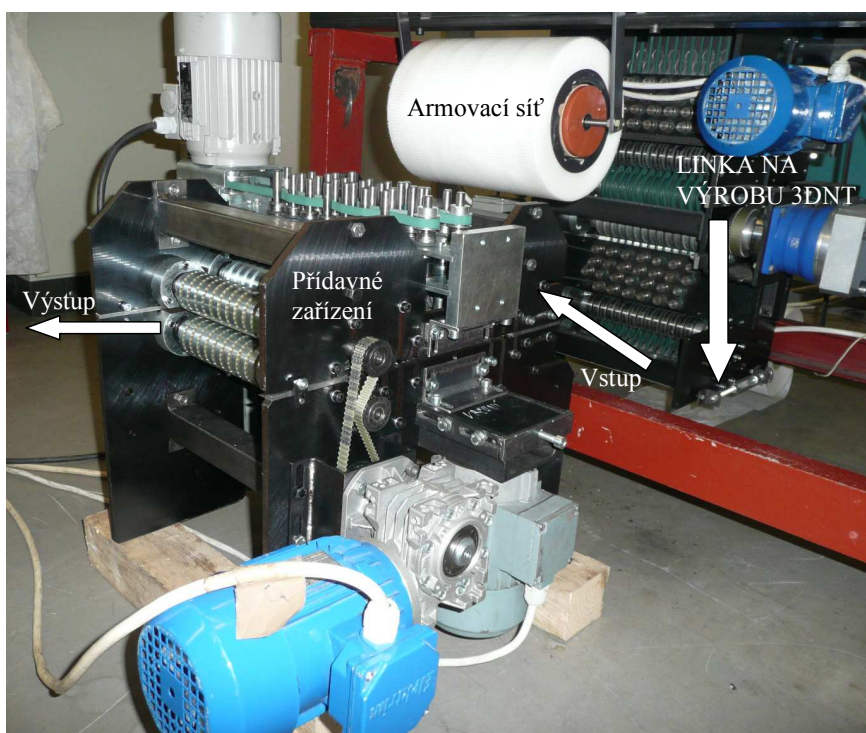
Armování bylo provedeno na modelu zařízení podle obrázku 13 za podmínek:

Otáčky fixačních elementů  $n=6000$  ot/min

Přítlak elementů na povrch poloproduktu byl nastaven tak, aby nedocházelo k viditelnému poškození armovací sítě.

Výstupní rychlosti byly v experimentu měněny podle tabulky 3.

Obrázek 13: Model zařízení



Tabulka 3

Rychlost	% z frekvence*	Frekvence
1m/min	14,8	7,4 Hz
2m/min	29	14,5 Hz
3m/min	44,3	22,15 Hz
4m/min	59,1	29,5 Hz
6m/min	88,6	44,3 Hz

\*100% frekvenci je míněno 50 Hz

### 4.1.3 Přehled vyrobených vzorků

#### A) Vliv výstupní rychlosti na pevnost produktu zpevněného pouze kvazi-přízemi

Tabulka 4: Přehled vzorků textilií vyrobených pro zjištění vlivu výstupních rychlostí na pevnost produktu zpevněného pouze kvazi-přízemi

Č.vzorku	Výstupní rychlost	Směr testu	Popis
1	1m/min	Podélný (ve směru kvazi-přízí)	Bylo vyrobeno celkem 25 vzorků na test pevnosti bez armovací sítě zpevněných pouze kvazi-přízemi pro 5 různých výstupních rychlostí.  Rozměry vzorků pro měření: Velikost: 100x200 mm Upínací šířka: 100 mm Upínací délka: 150 mm Tloušťka: 5 mm Plošná hmotnost: 420 g/m <sup>2</sup> Počet kvazi-přízí celkem: 40 na upínací šířku
2	2m/min		
3	3m/min		
4	4m/min		
5	6m/min		
6	1m/min	Příčný (kolmo na kvazi-příze)	Bylo vyrobeno celkem 25 vzorků na test pevnosti bez armovací sítě zpevněných pouze kvazi-přízemi pro 5 různých výstupních rychlostí.  Rozměry vzorků pro měření: Velikost: 100x200 mm Upínací šířka: 100 mm Upínací délka: 150 mm Tloušťka: 5 mm Plošná hmotnost: 420 g/m <sup>2</sup> Počet kvazi-přízí celkem: 58 na upínací délku
7	2m/min		
8	3m/min		
9	4m/min		
10	6m/min		

**B) Vliv výstupních rychlostí na soudržnost armovací sítě s polotovarem**

Tabulka 5: Přehled vyrobených vzorků pro zjištění soudržnosti

Č.vzorku	Rychlost posuvu	Směr testu	Popis
11	1m/min	Podélný (ve směru kvazi-přízi)	Bylo vyrobeno celkem 25 vzorků na soudržnost produktu s armovací sítí pro 5 různých výstupních rychlostí.  Rozměry vzorků pro měření: Velikost: 85 x 170 mm Upínací šířka: 85 mm Upínací délka: 120 mm Tloušťka: 5 mm Plošná hmotnost: 455 g/m <sup>2</sup> Počet kvazi-přízí: 10 na upínací šířku
12	2m/min		
13	3m/min		
14	4m/min		
15	6m/min		
16	1m/min	Příčný (kolmo na kvazi-příze)	Bylo vyrobeno celkem 25 vzorků na soudržnost produktu s armovací sítí pro 5 různých výstupních rychlostí.  Rozměry vzorků pro měření: Velikost: 85x200 mm Průměrná váha 7,2 g Upínací šířka: 80 mm Upínací délka: 150 mm Tloušťka: 5 mm Plošná hmotnost: 475 g/m <sup>2</sup> Počet kvazi-přízí: 16 na upínací délku
17	2m/min		
18	3m/min		
19	4m/min		
20	6m/min		

**C) Vliv výstupních rychlostí na pevnost kompozitu – produktu s armovací sítí**

Tabulka 6: Přehled vzorků vyrobených pro zjištění pevnosti kompozitu

Č.vzorku	Výstupní rychlost	Směr testu	Popis
21	1m/min	Podélný (ve směru kvazi-přízi)	Bylo vyrobeno celkem 15 vzorků na test pevnosti kompozitu pro 3 různé výstupní rychlosti.  Rozměry vzorků pro měření: velikost: 100x200 mm Upínací šířka: 100 mm Upínací délka: 150 mm Tloušťka: 5 mm Plošná hmotnost: 445 g/m <sup>2</sup> Počet kvazi-přízi celkem: 40 na upínací šířku
22	4m/min		
23	6m/min		
24	1m/min	Příčný (kolmo na kvazi-příze)	Bylo vyrobeno celkem 15 vzorků na test pevnosti kompozitu pro 3 různé výstupní rychlosti.  Rozměry vzorků pro měření: Velikost: 100x200 mm Upínací šířka: 100 mm Upínací délka: 150 mm Tloušťka: 5 mm Plošná hmotnost: 445 g/m <sup>2</sup> Počet kvazi-přízi celkem: 58 na upínací délku
25	4m/min		
26	6m/min		

**D) Vlastnosti základních materiálů**

Tabulka 7: Přehled vzorků pro zjištění pevnosti základních materiálů

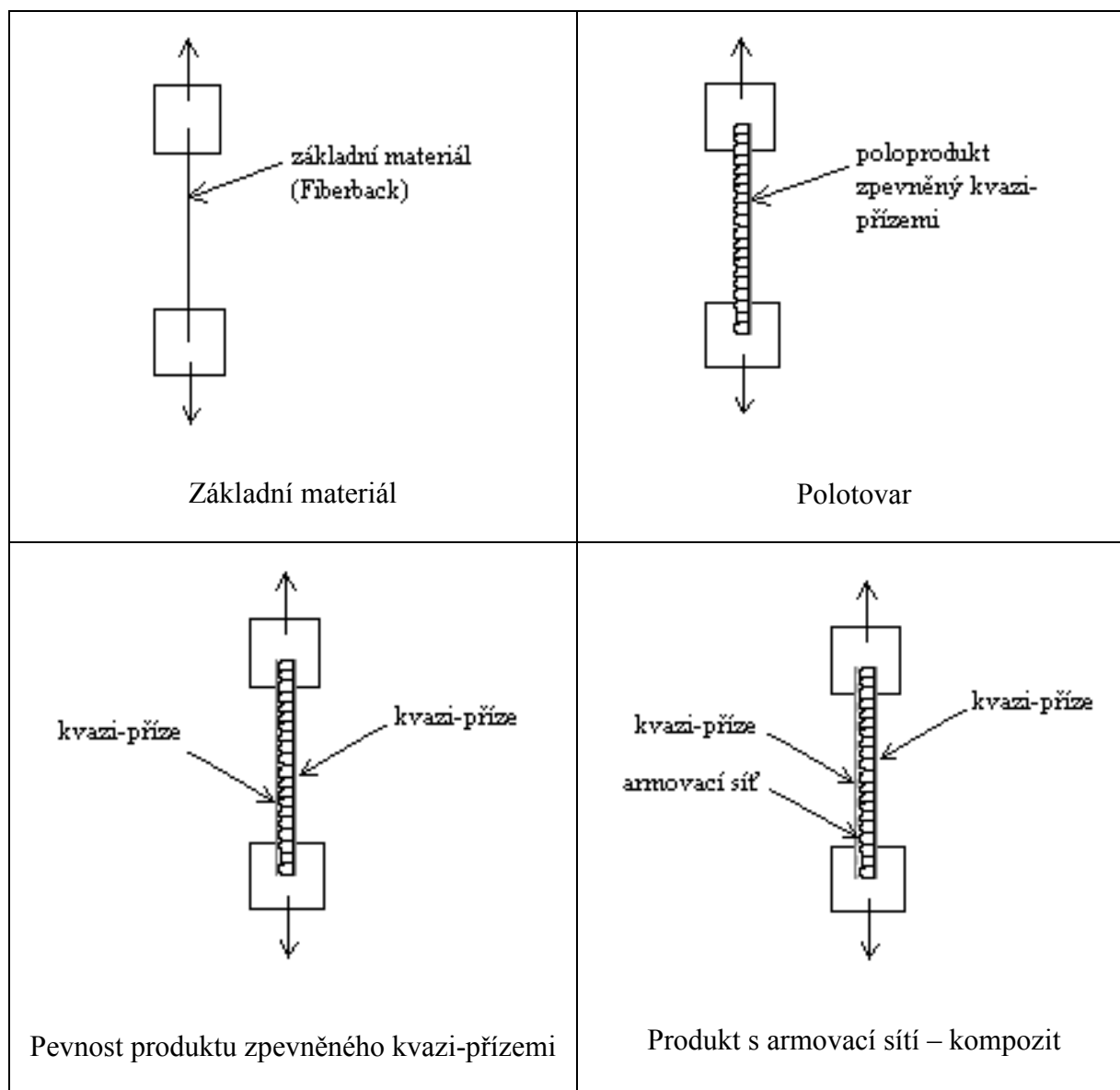
Č.vzorku	Materiál	Směr testu	Popis
27	Základní materiál Fiberback	podélný	Rozměry vzorků pro měření:  Velikost: 100x200 mm Upínací šířka: 100 mm Upínací délka: 150 mm Tloušťka: 0,5 mm Plošná hmotnost: 106 g/m <sup>2</sup>
28	Základní materiál Fiberback	příčný	
29	Sít' Conwed	podélný	Rozměry vzorků pro měření:  Velikost: 100x200 mm Upínací šířka: 100 mm Upínací délka: 150 mm Plošná hmotnost 25 g/m <sup>2</sup>
30	Sít' Conwed	příčný	
31	Polotovar	podélný	Rozměry vzorků pro měření:  Velikost: 100x200 mm Upínací šířka: 100 mm Upínací délka: 150 mm Tloušťka: 5 mm Plošná hmotnost: 420 g/m <sup>2</sup> Počet kvazi přízí na upínací délku: 35 Počet kvazi-přízí na upínací šířku: 25
32	Polotovar	příčný	

**4.2 Výběr zkušebních postupů**

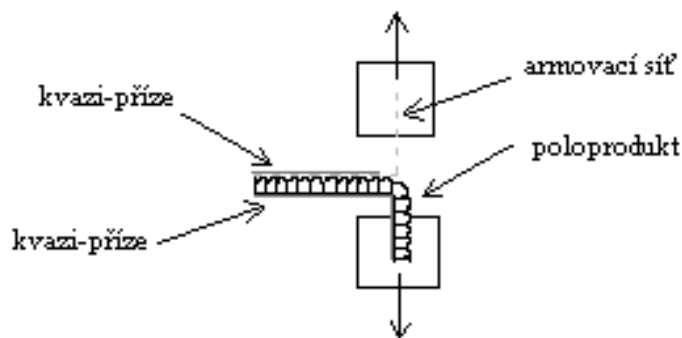
Pevnost je důležitým parametrem konečného produktu. Pro zkoušení pevnosti kvazi-přízí je velmi obtížné použít stejné metody jako pro klasické příze, protože kvazi-příze nemohou být z povrchu textilie odstraněna, aniž by došlo k jejímu poškození. Nelze tedy u

této příze uvádět jemnost. Proto je pevnost kvazi-přízi posuzována jako pevnost celého produktu. Pevnost jedné kvazi-příze je pak možné určit při znalosti jejich počtu. Počet kvazi přízí ve vzorku textilie je uvedena v tabulce 4,5 a 6). Pro test pevnosti byl využit trhací stroj Labtest 4.050, kde byla nastavena celá od 0 do 15 kN.

Obrázek 14: Schémata namáhání vzorku při měření







Soudržnost armovací sítě s polotovarem

### 4.3 Naměřené výsledky

Pro každý vzorek bylo provedeno 5 měření. Hodnoty v grafech odpovídají jejich střední hodnotě. Nejdůležitější fotografie a grafy jsou zakomponovány v textu. Naměřené hodnoty jsou vzhledem k velikosti souboru naměřených dat obsaženy v příloze na CD.

#### 4.3.1 Pevnosti produktů

##### Vliv aplikace kvazi-příží na pevnost produktu

Materiál bez mřížky, tj. zpevněný pouze kvazi-přízemi, byl rozřezán na zkušební vzorky o rozměrech 100x200 mm (viz tabulka 4)

Upínací délka nastavená na Labtestu 4.050 pro testování tohoto vzorku byla 150 mm a upínací šířka testovaného vzorku byla 100 mm.

Jako výsledek měření jsou znázorněny vždy dva grafy. V prvním je průběh celého měření. V druhém je detailní graf, kde je znázorněn průběh pouze do prodloužení 20 mm. To proto, že pro praktické namáhání produktu se nepředpokládá větší prodloužení než cca 10 %.

Detail upnutí vzorku v trhačce je na obrázku 15.

Obrázek 15: Detail upnutí vzorku pro aplikace kvazi-přízí ke zvýšení pevnosti produktu  
(měření v podélném směru)

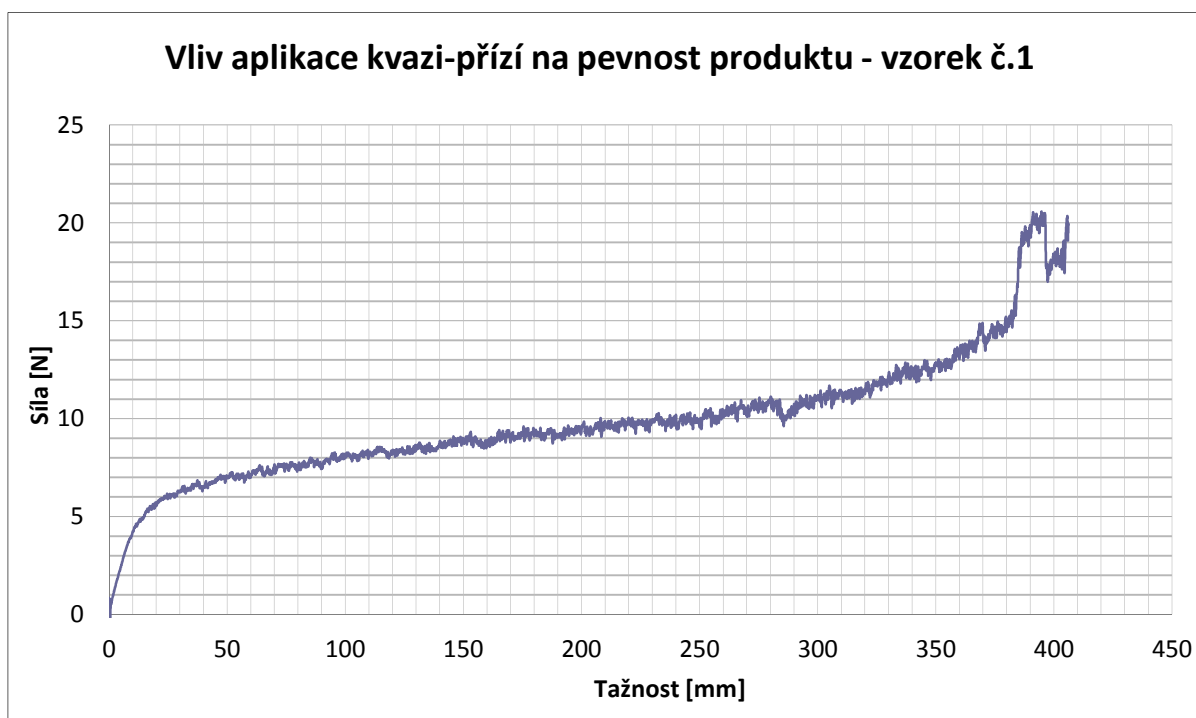


Vzorky označené čísla 1-5 v tabulce 4 byly namáhány v podélném směru, resp. ve směru kvazi-přízí. Výsledky naměřené při různých výrobních rychlostech, jsou v grafech na obrázcích 16-25. Stručný popis chování vzorků při jejich namáhání je v tabulce 8.

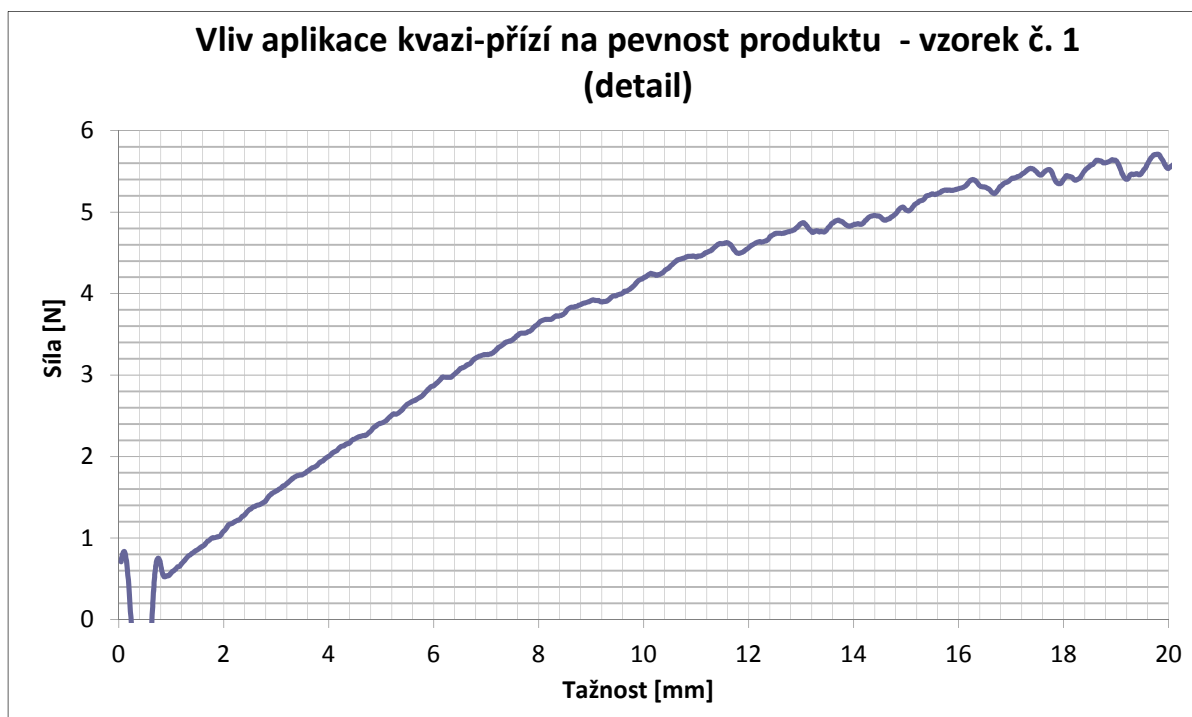
Tabulka 8: Popis chování vzorků v průběhu měření

Č.vzorku	Výstupní rychlost	Popis
1	1m/min	Vzorky byly testovány takovou dobu, dokud se neprotáhly do své původní délky, tj. před složením a fixací na stroji ROTIS. Vzhledem ke skutečnému zhuštění materiálu na stroji ROTIS, se vzorek 4krát prodloužil. Celkový rozpad kvazi-přízí a natažení materiálu trval cca od 250-260s.
2	2m/min	
3	3m/min	
4	4m/min	
5	6m/min	

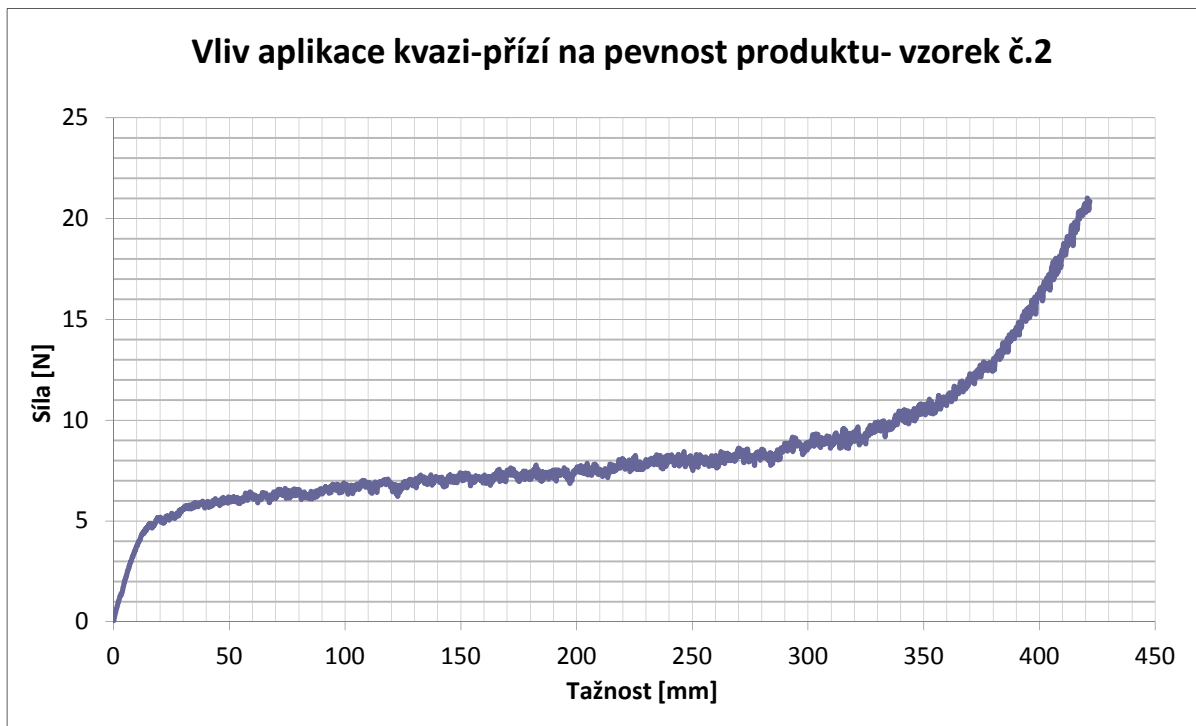
Obrázek 16: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízi na pevnost produktu – podélný směr,  $v=1\text{ m/m}$



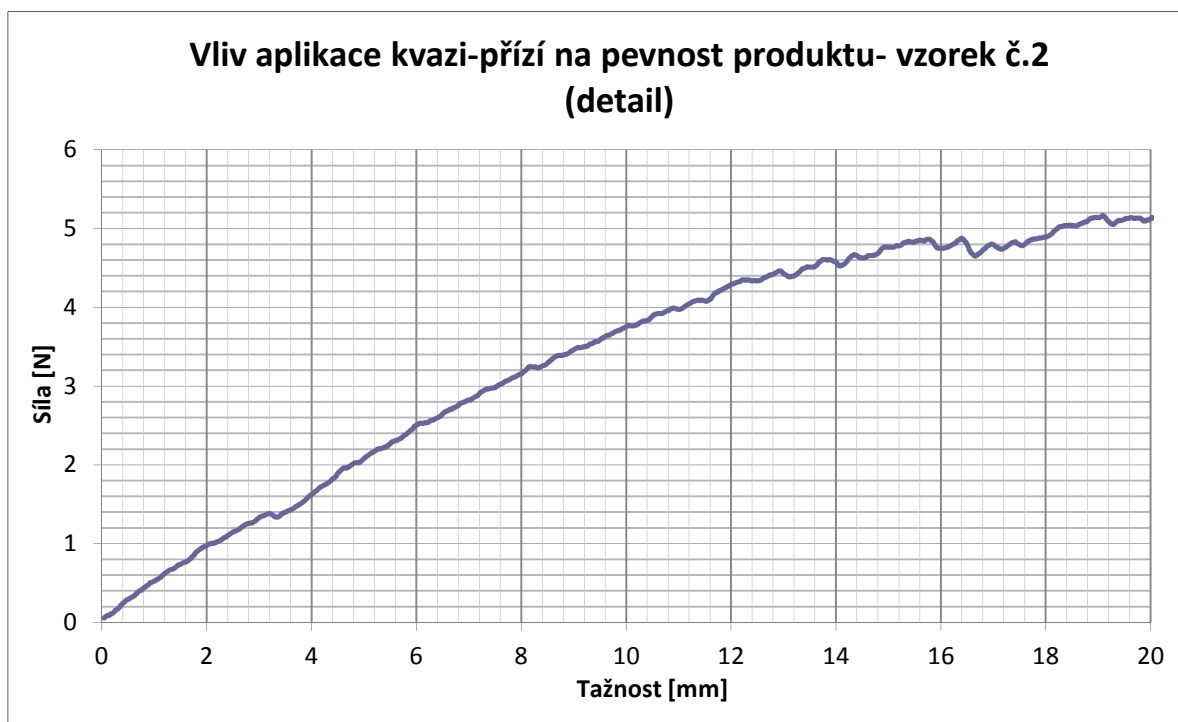
Obrázek 17: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízi na pevnost produktu – podélný směr,  $v=1\text{ m/min}$  (detail)



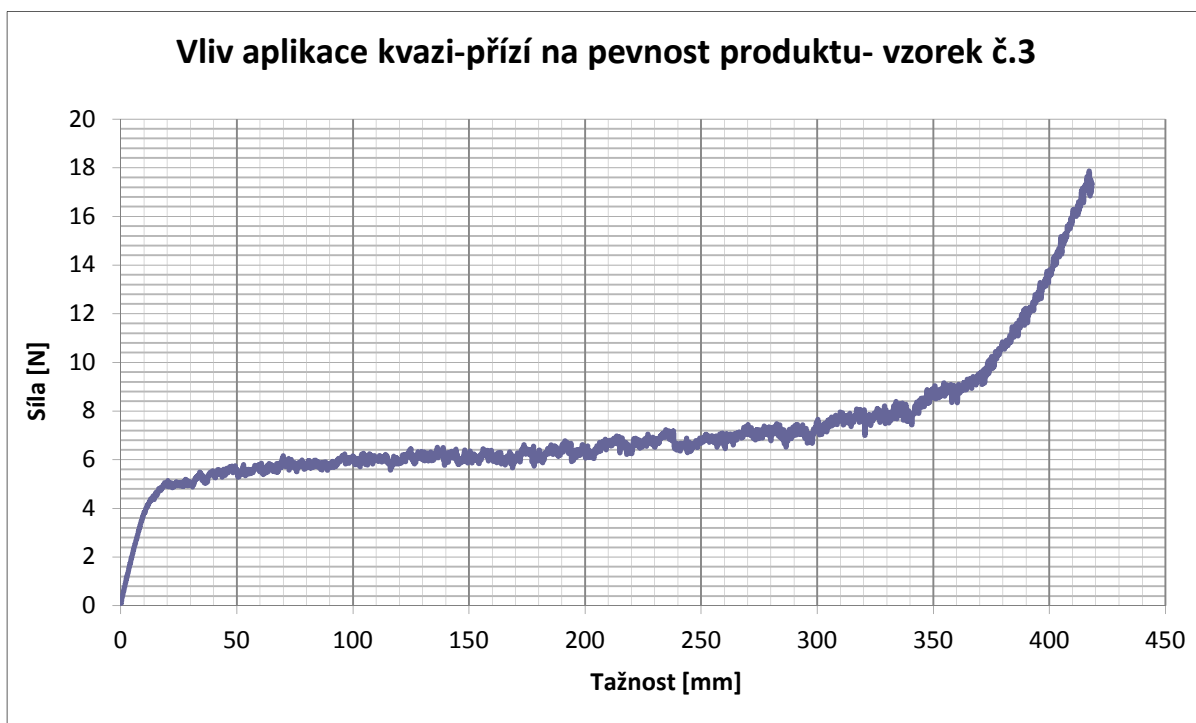
Obrázek 18: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – podélný směr,  $v=2\text{m/min}$



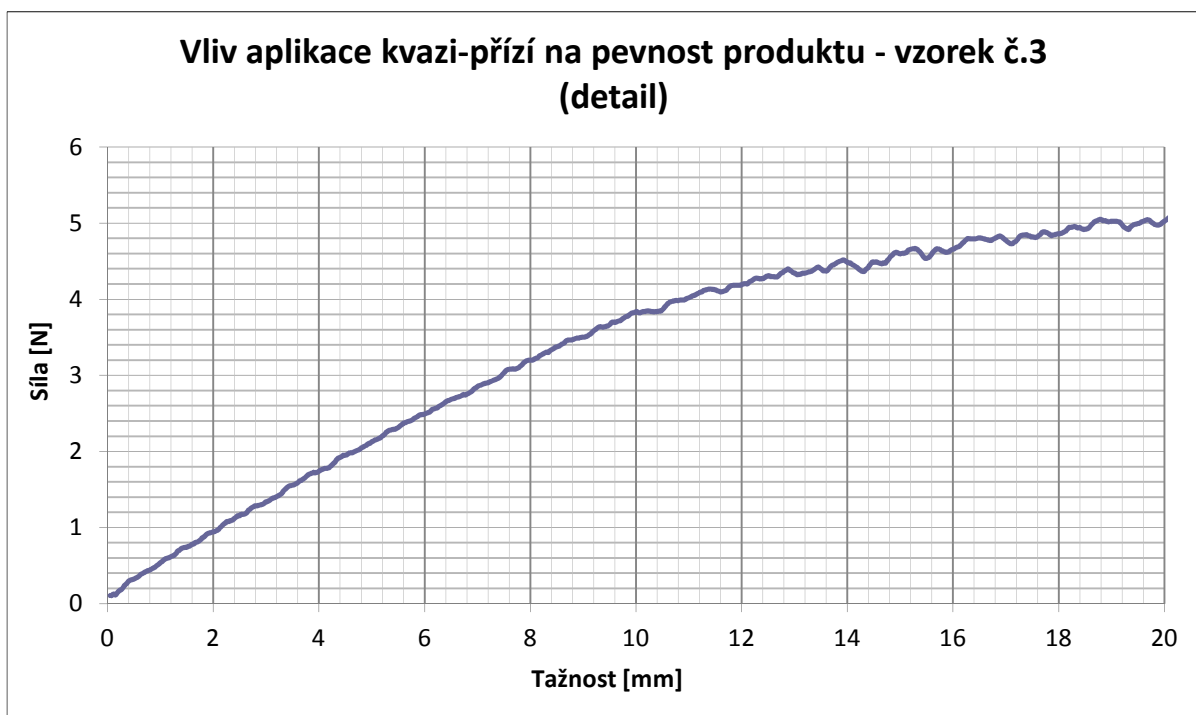
Obrázek 19: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – podélný směr,  $v=2\text{m/min}$  (detail)



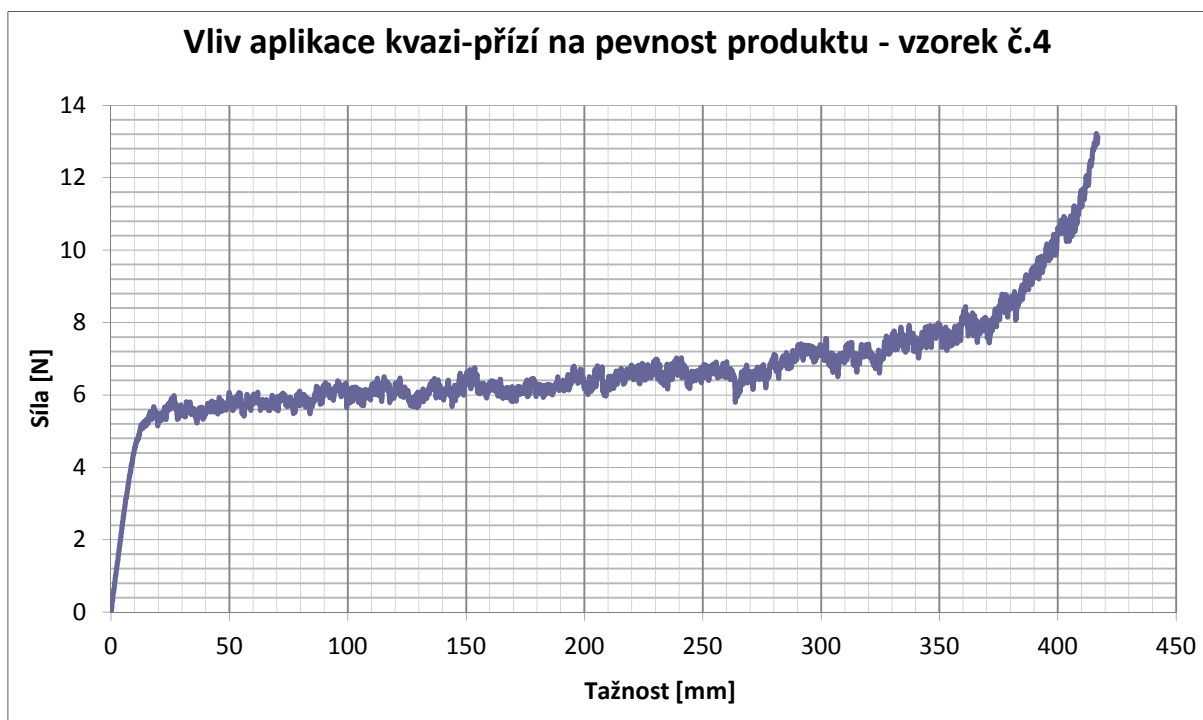
Obrázek 20: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – podélný směr,  $v=3\text{m/min}$



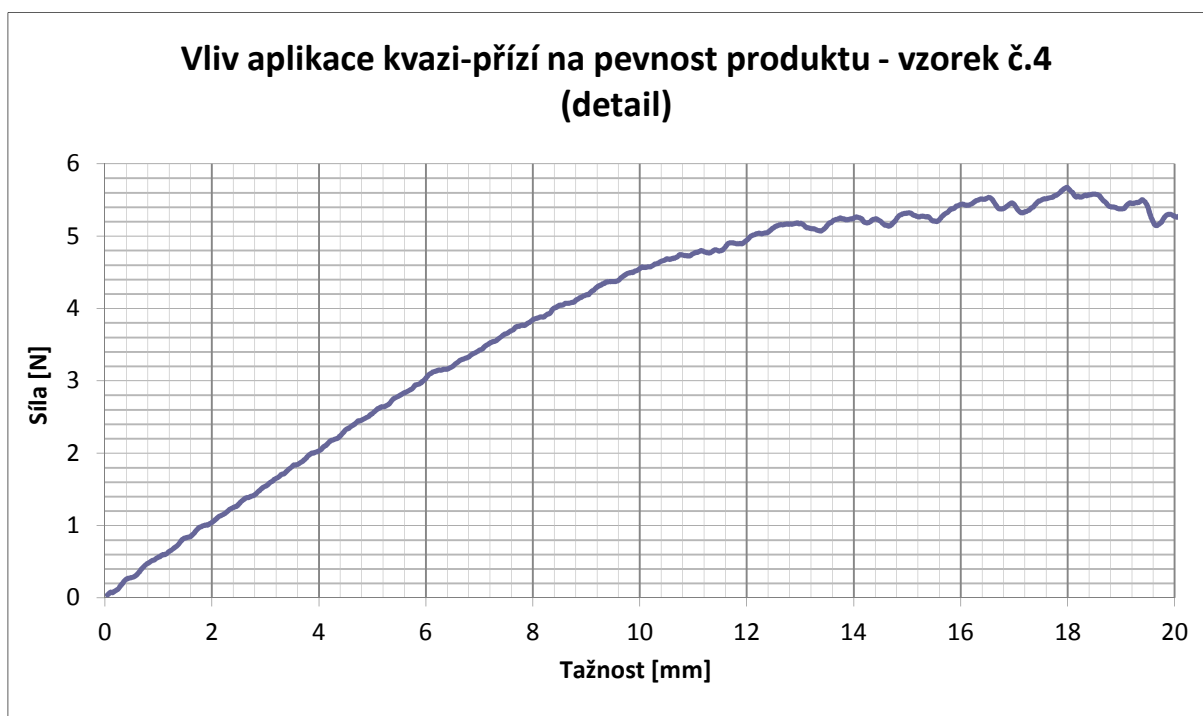
Obrázek 21: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – podélný směr,  $v=3\text{m/min}$  (detail)



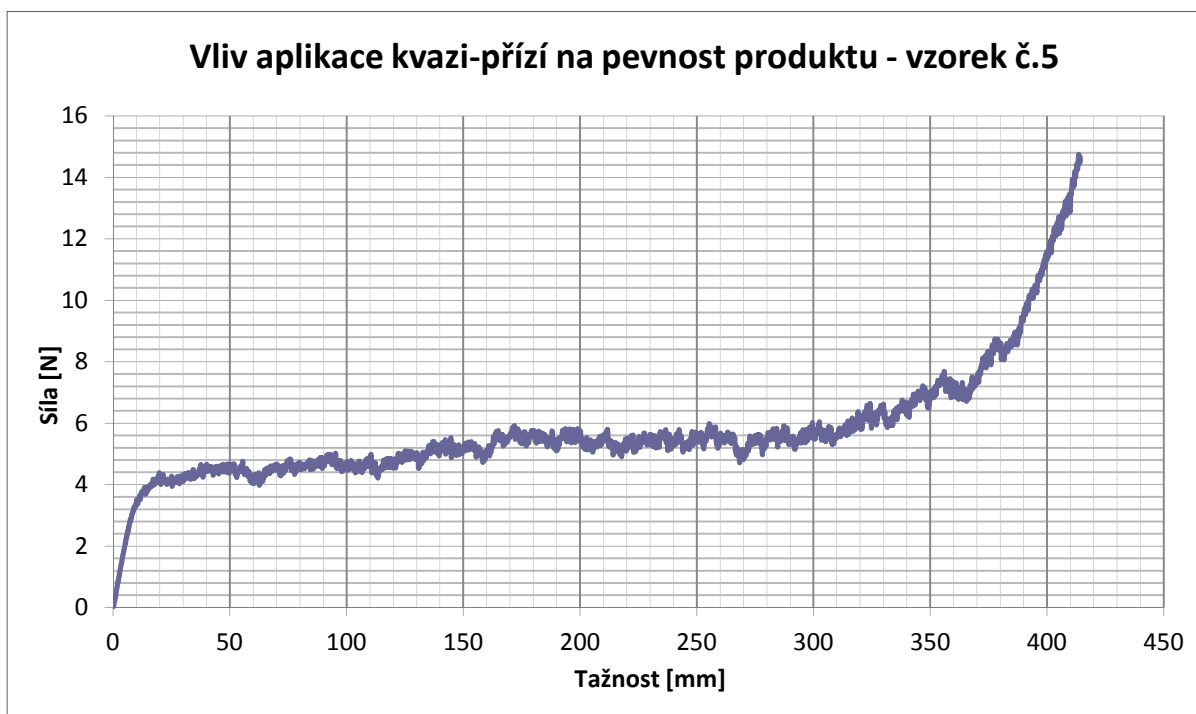
Obrázek 22: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – podélný směr,  $v=4\text{m/min}$



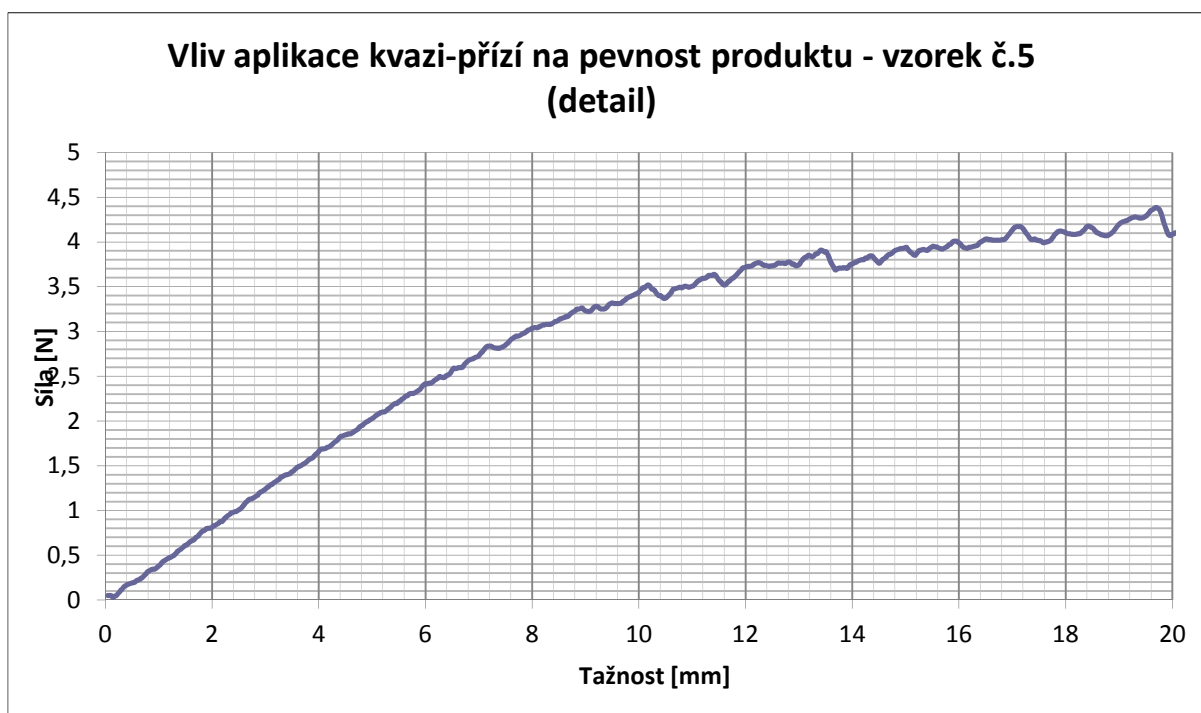
Obrázek 23: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – podélný směr,  $v=4\text{m/min}$  (detail)



Obrázek 24: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – podélný směr,  $v=6\text{m/min}$



Obrázek 25: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – podélný směr,  $v=6\text{m/min}$  (detail)



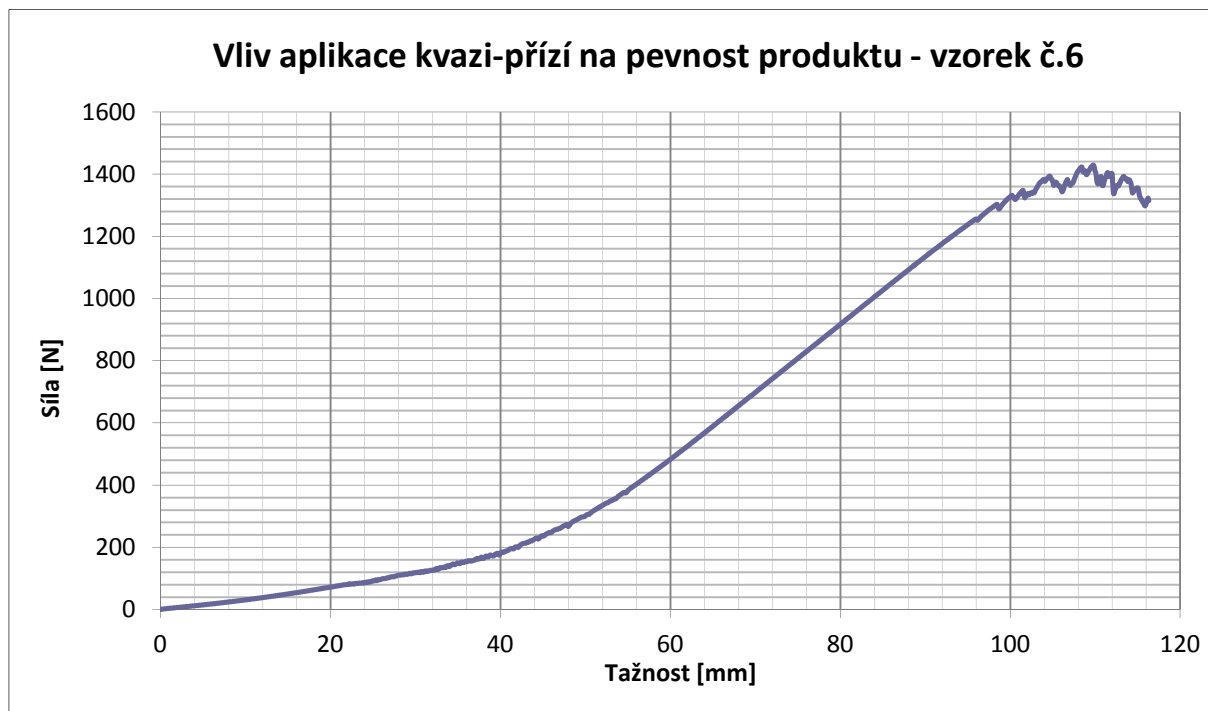
Z grafů 16, 18, 20, 22 a 24 je patrné, že došlo k prodloužení o cca 400%. Testovaný vzorek se prodloužil o 4 násobek.

Vzorky označené čísly 6-10 v tabulce 4 byly namáhány v příčném směru, resp. kolmo na kvazi-příze. Výsledky naměřené při různých výrobních rychlostech, jsou v grafech na obrázcích 26-35. Stručný popis chování vzorků při jejich namáhání je v tabulce 9.

Tabulka 9: Vliv aplikace kvazi-přízi na pevnost produktu v příčném směru

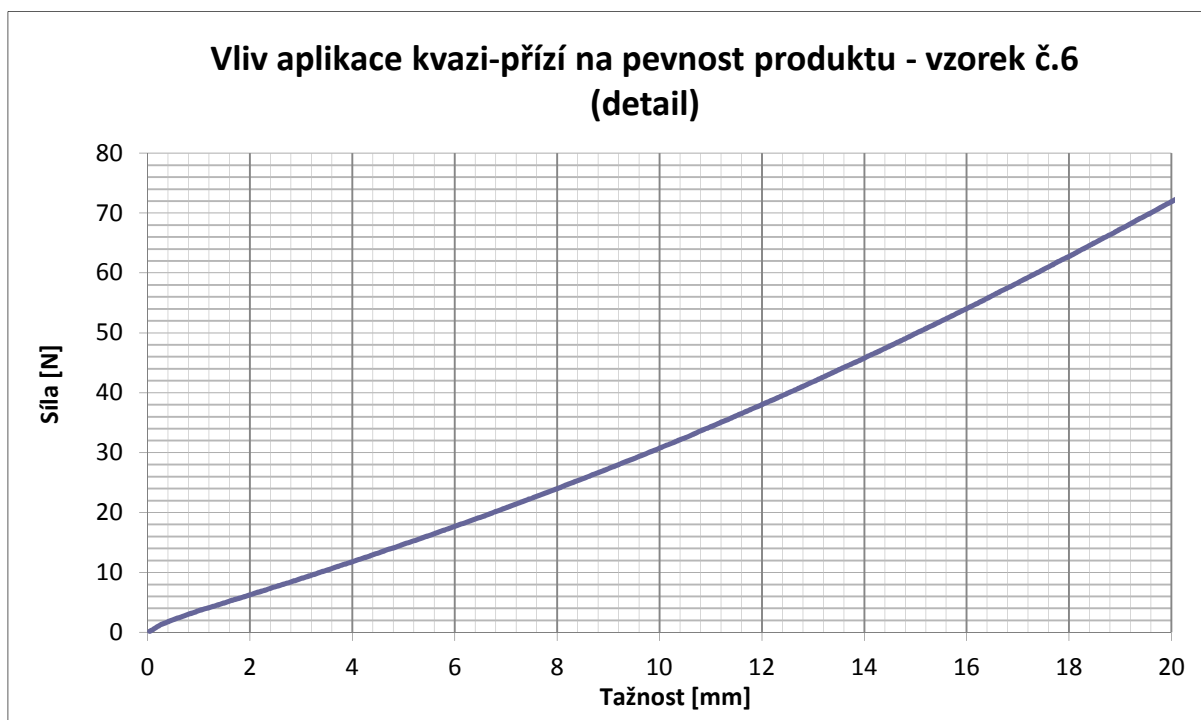
Č.vzorku	Výstupní rychlost	Popis
6	1 m/min	Produkt je velmi pevný. Kvazi-příze nemají žádný nebo mají jen nepatrný vliv na jeho pevnost, jak plyne z obrázků grafů 27, 29, 31, 33 a 35. Materiál byl testován z důvodu případného zjištění poškození materiálu fixačními elementy. Čas, po který byl materiál testován, odpovídal 65s.
7	2 m/min	
8	3 m/min	
9	4 m/min	
10	6 m/min	

Obrázek 26: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízi na pevnost produktu – příčný směr,  $v=1\text{ m/min}$

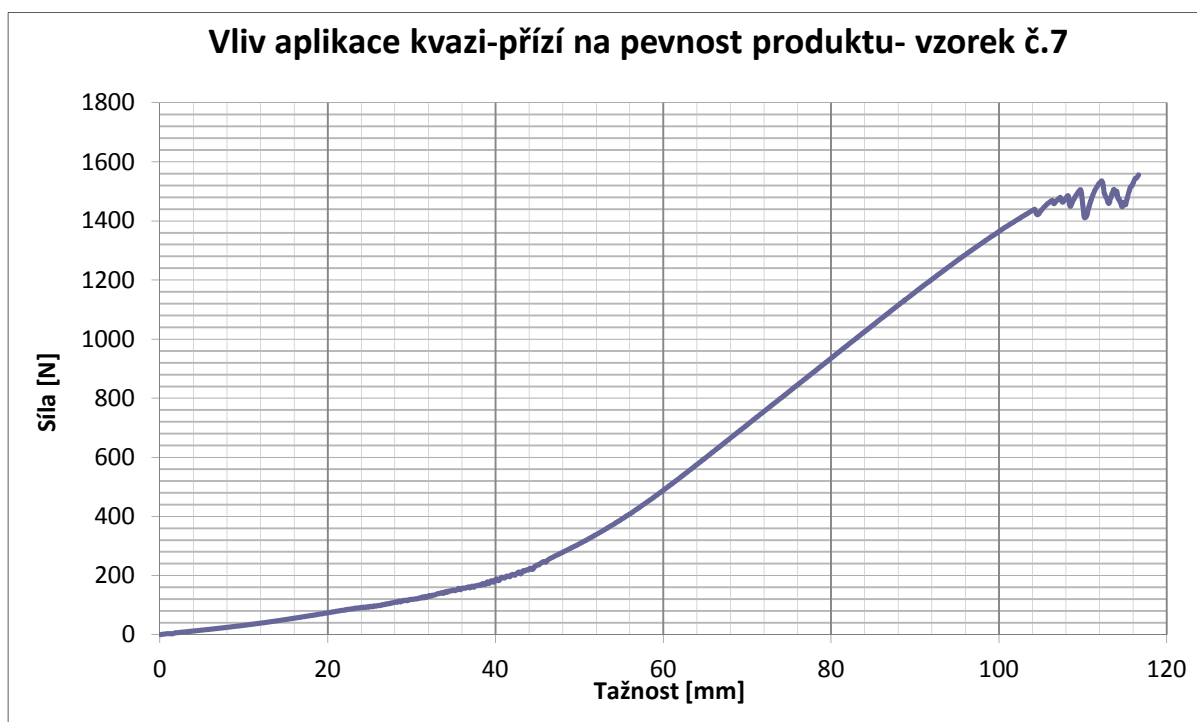




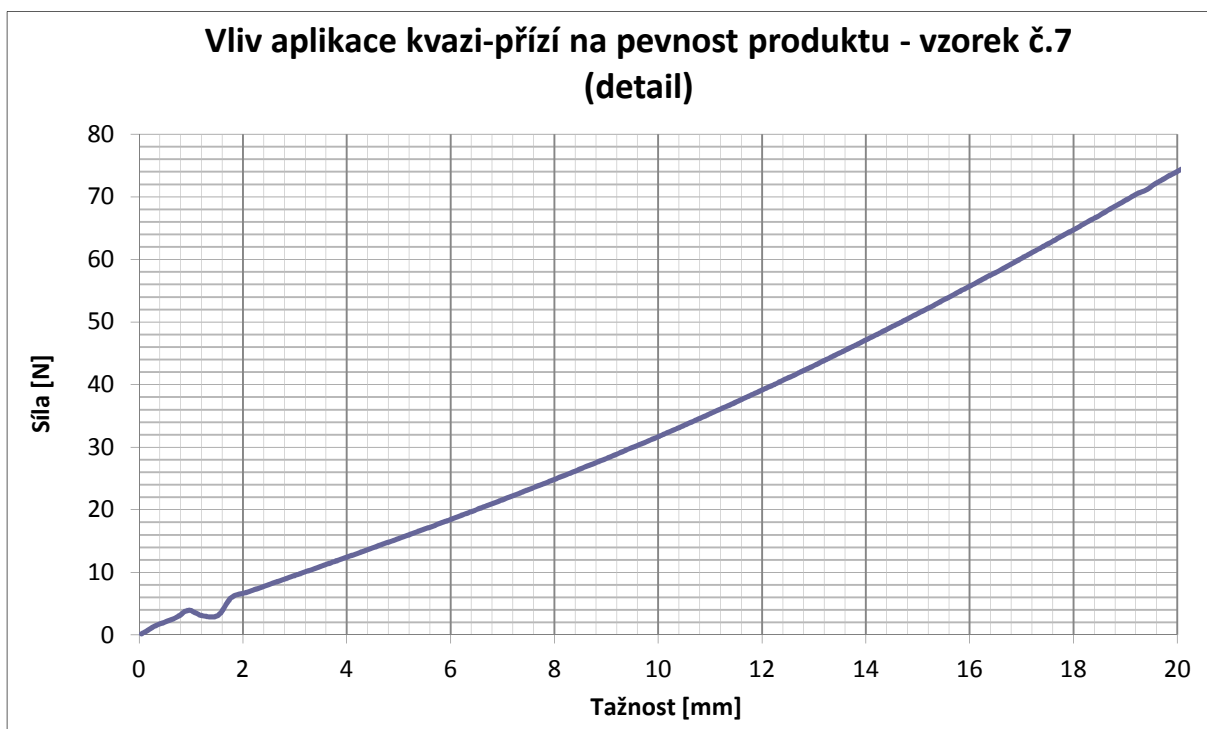
Obrázek 27: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu - příčný směr,  $v=1\text{m/min}$  (detail)



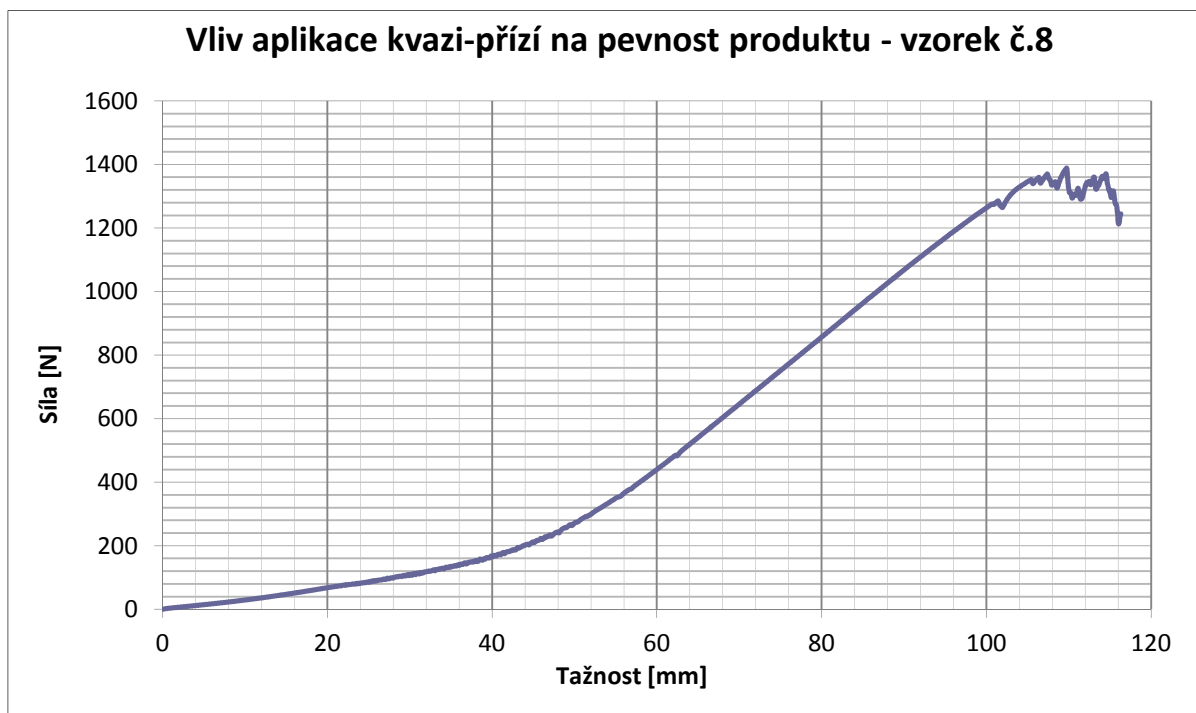
Obrázek 28.: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – příčný směr,  $v=2\text{m/min}$



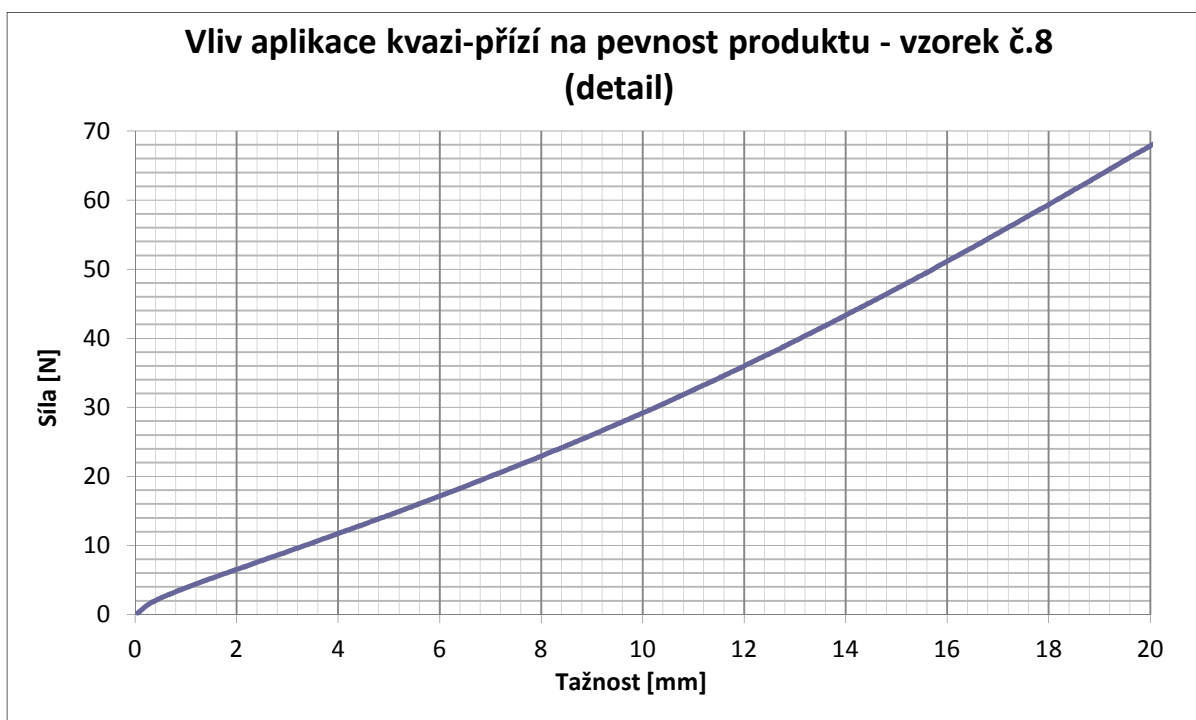
Obrázek 29: Graf – Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu - příčný směr,  $v=2\text{m/min}$  (detail)



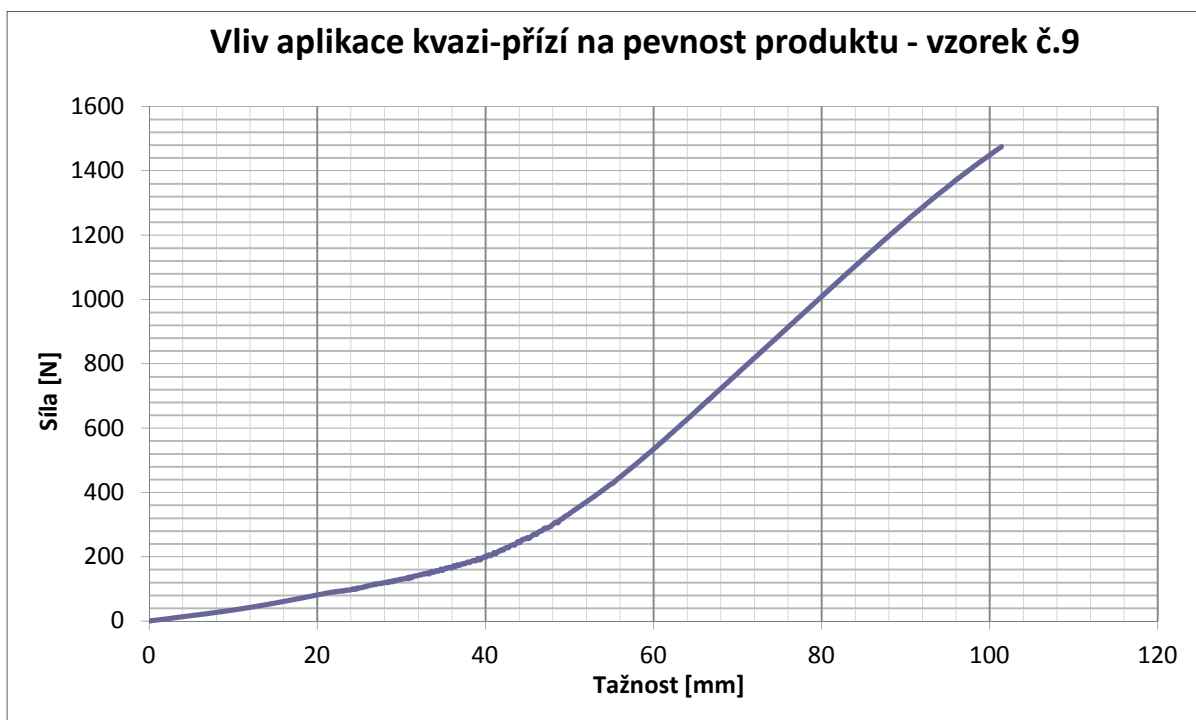
Obrázek 30: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – příčný směr,  $v=3\text{m/min}$



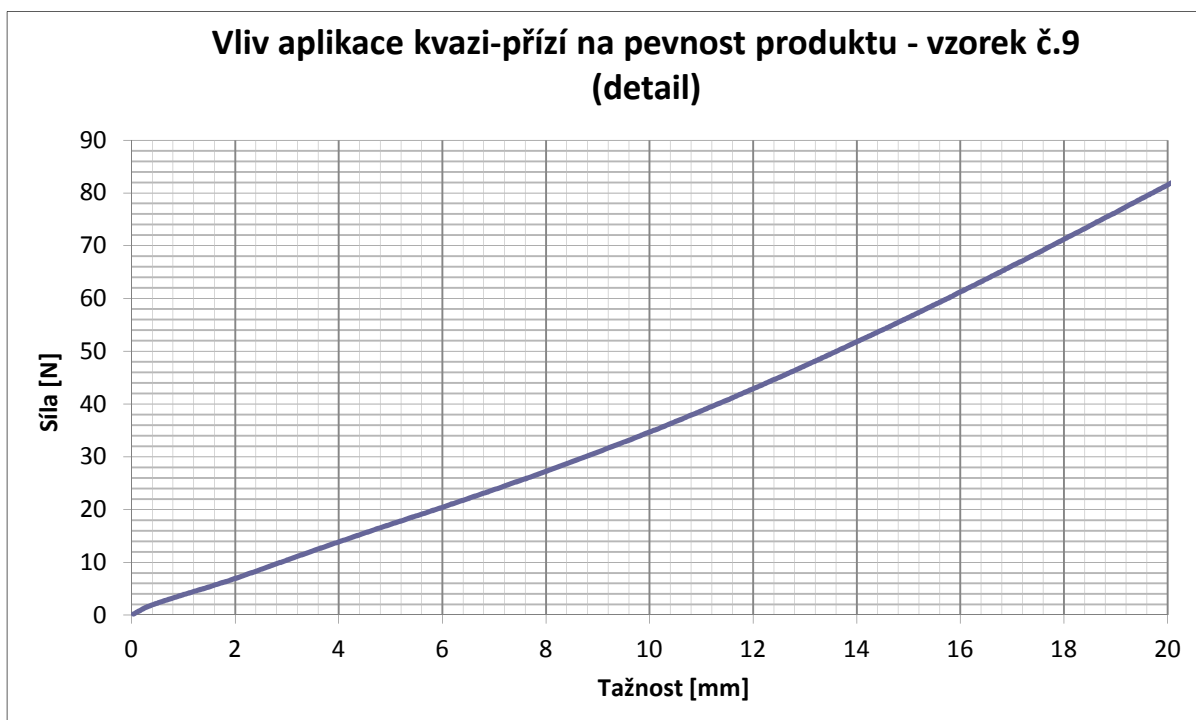
Obrázek 31: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízi na pevnost produktu - příčný směr,  $v=3\text{m/min}$



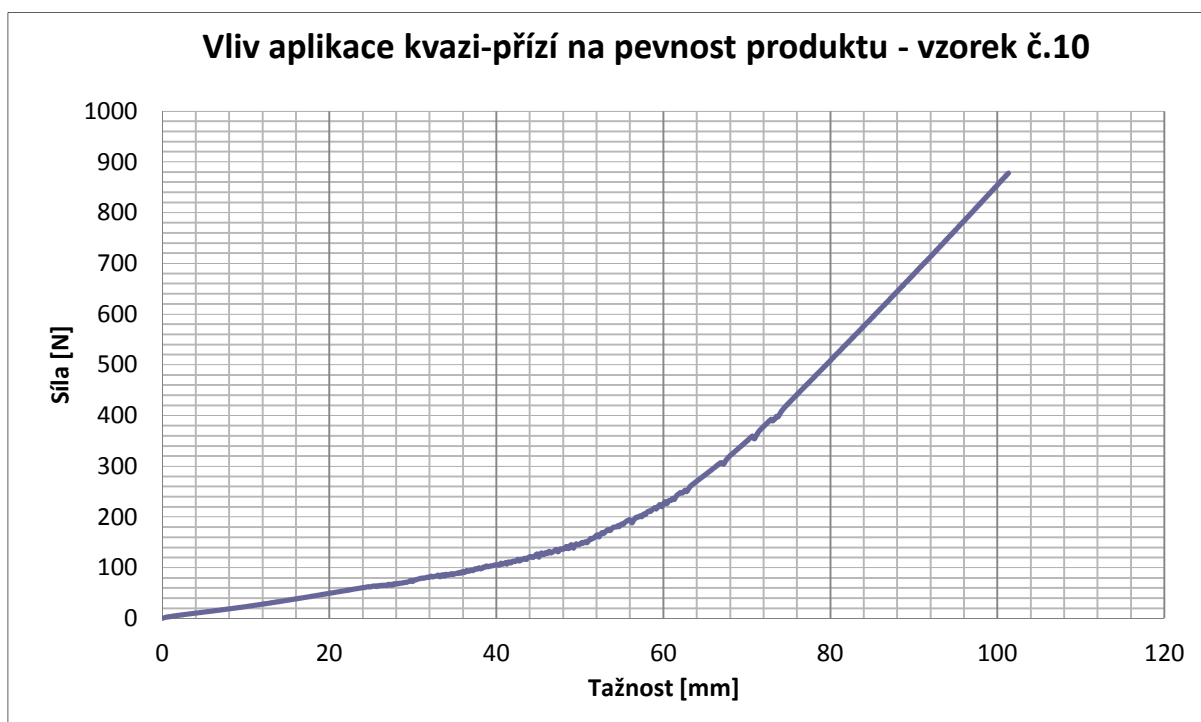
Obrázek 32: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízi na pevnost produktu - příčný směr,  $v=4\text{m/min}$



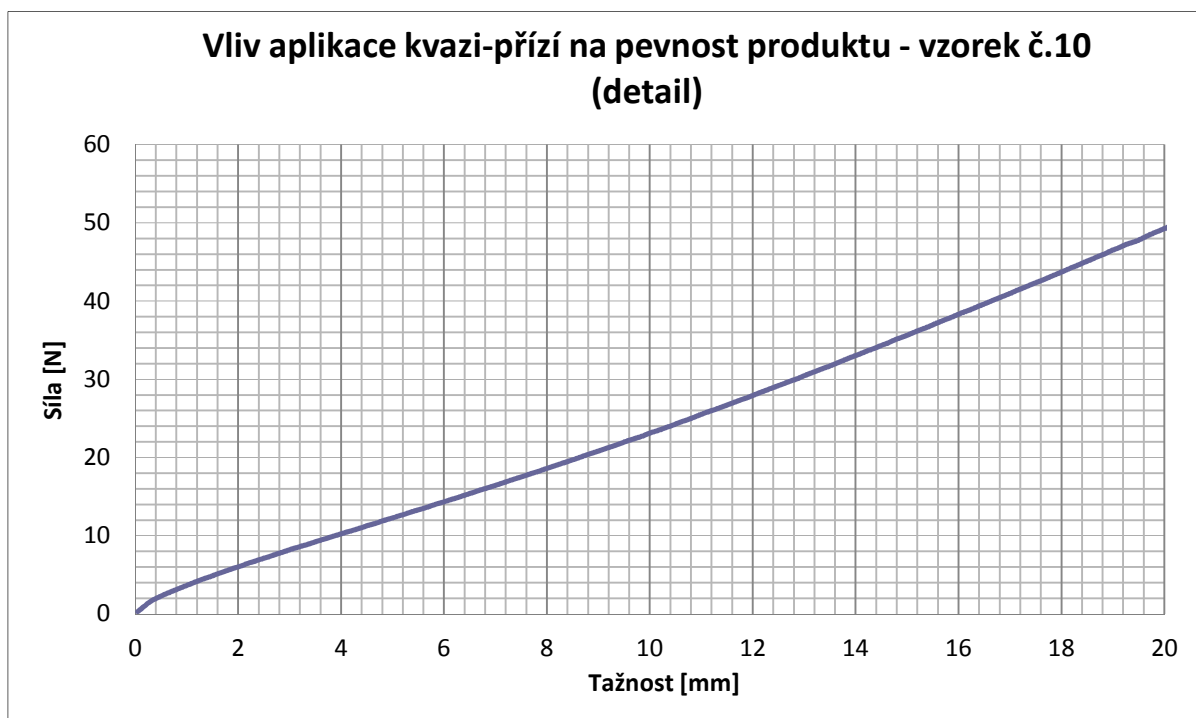
Obrázek 33: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu - příčný směr,  $v=4\text{m/min}$  (detail)



Obrázek 34: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu – příčný směr,  $v=6\text{m/min}$



Obrázek 35: Graf - Vliv aplikace kvazi-přízí na pevnost produktu - příčný směr,  $v=6\text{m/min}$  (detail)



#### **Vliv aplikace armovací sítě na polotovar – pevnost kompozitu**

Polotovar spojený kvazi-přízemi s armovací sítí byl rozřezán na zkušební vzorky, označené čísla 21-26, o rozměrech 100x200 mm (viz tabulka 6).

Upínací délka nastavená na Labtestu 4.050 pro testování těchto vzorků byla 150 mm a upínací šířka byla 100 mm.

Jako výsledek měření jsou znázorněny vždy dva grafy. V prvním je průběh celého měření. V druhém je detailní graf, kde je znázorněn průběh pouze do prodloužení 20 mm. To proto, že pro praktické namáhání produktu se nepředpokládá větší prodloužení než cca 10 %.

Detaily porušení armovací sítě jsou na obrázku 36.

Obrázek 36: Pevnost kompozitu – detail porušení mřížky

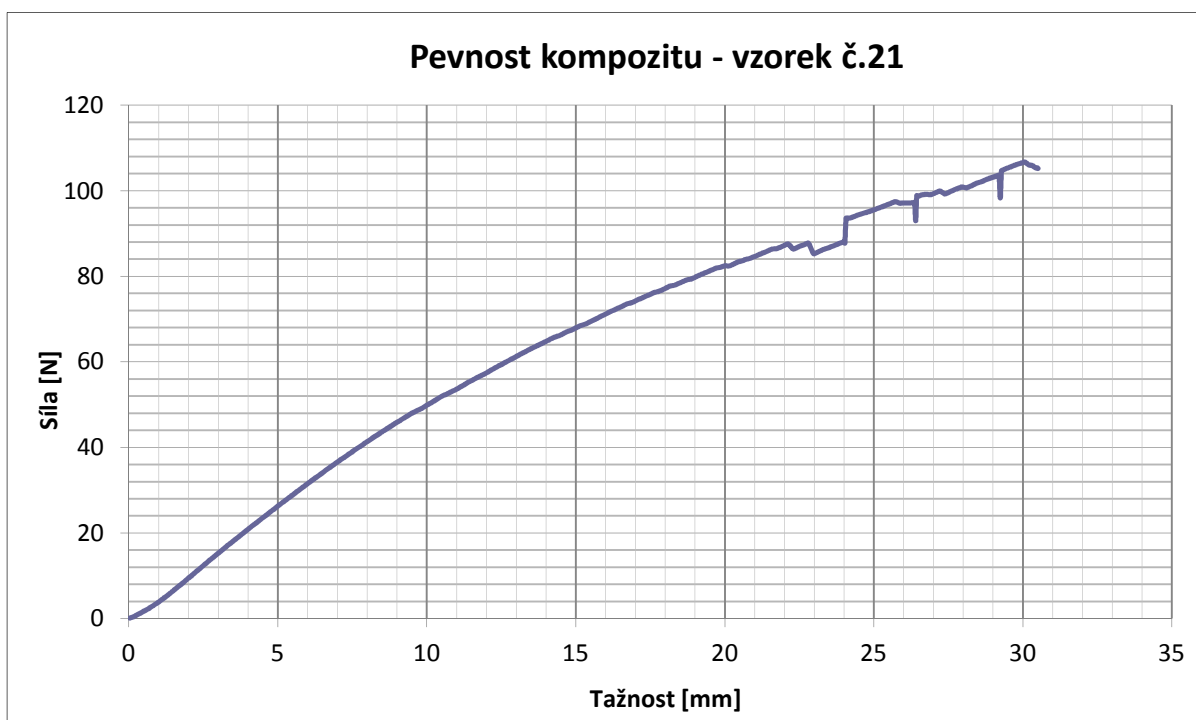


Vzorky označené čísla 21-23 v tabulce 6 byly namáhány v podélném směru, resp. ve směru kvazi-přízí. Výsledky naměřené při různých výrobních rychlostech, jsou v grafech na obrázcích 37-42. Stručný popis chování vzorků při jejich namáhání je v tabulce 10.

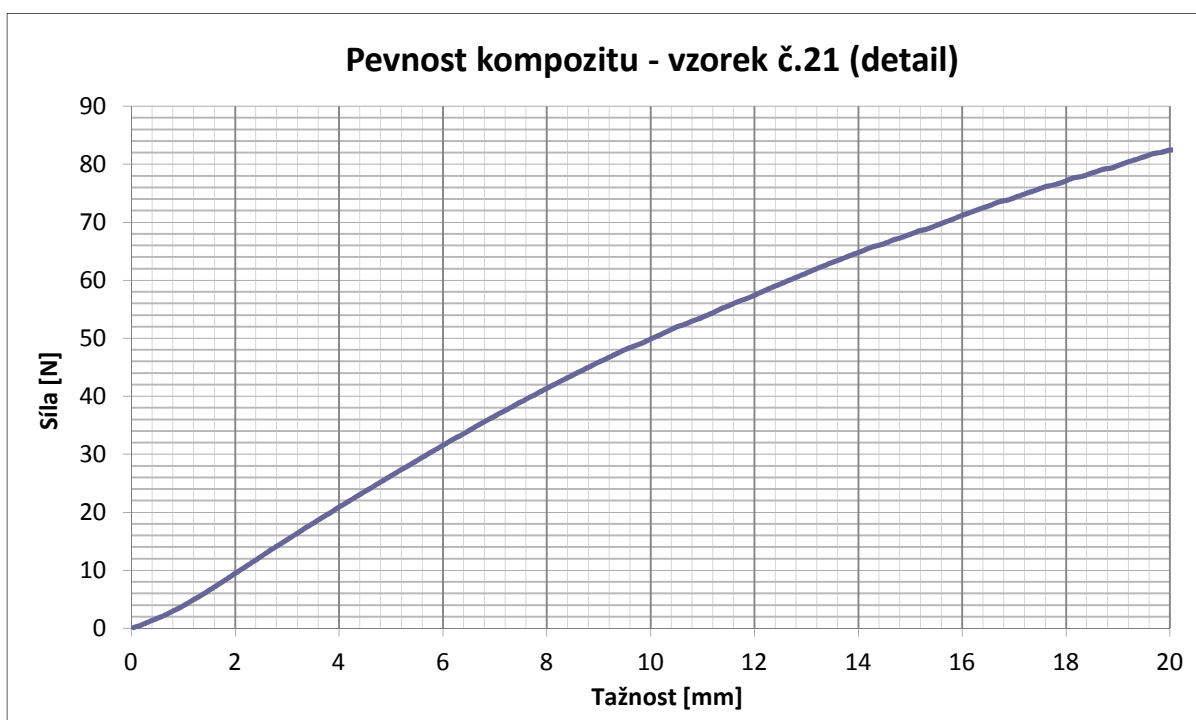
Tabulka 10: Pevnost kompozitu – podélný směr

Č.vzorku	Rychlost posuvu	Popis
21	1m	Po přetrhu mřížky se trhačka zastaví. První přetrh je rozhodující pro měření pevnosti.
22	4m	
23	6m	

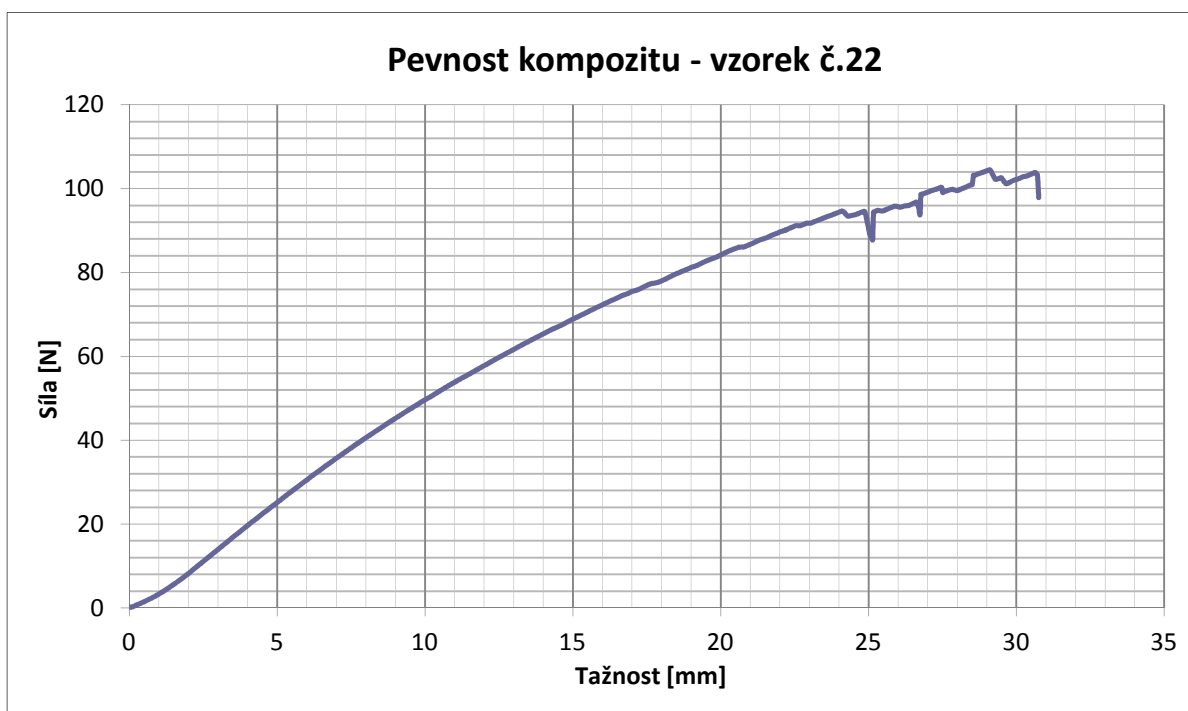
Obrázek 37: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.21 - podélný směr,  $v=1\text{m/min}$



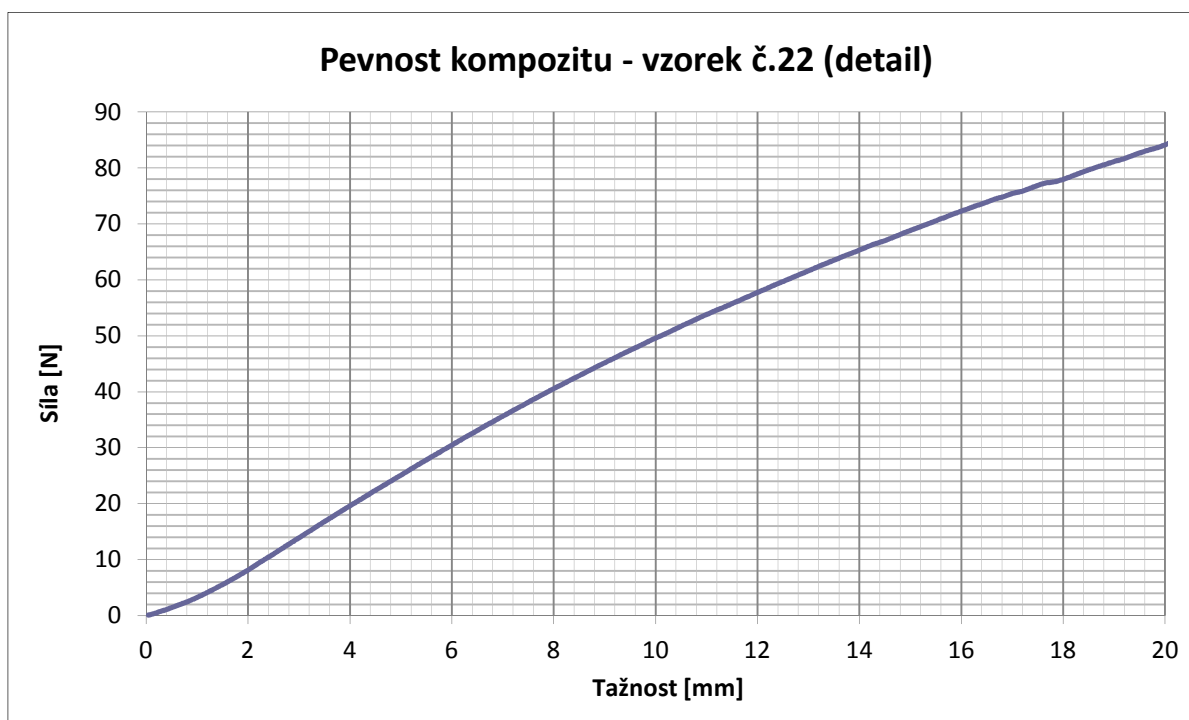
Obrázek 38: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.21 - podélný směr,  $v=1\text{m/min}$  (detail)



Obrázek 39: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.22 - podélný směr,  $v=4\text{m/min}$

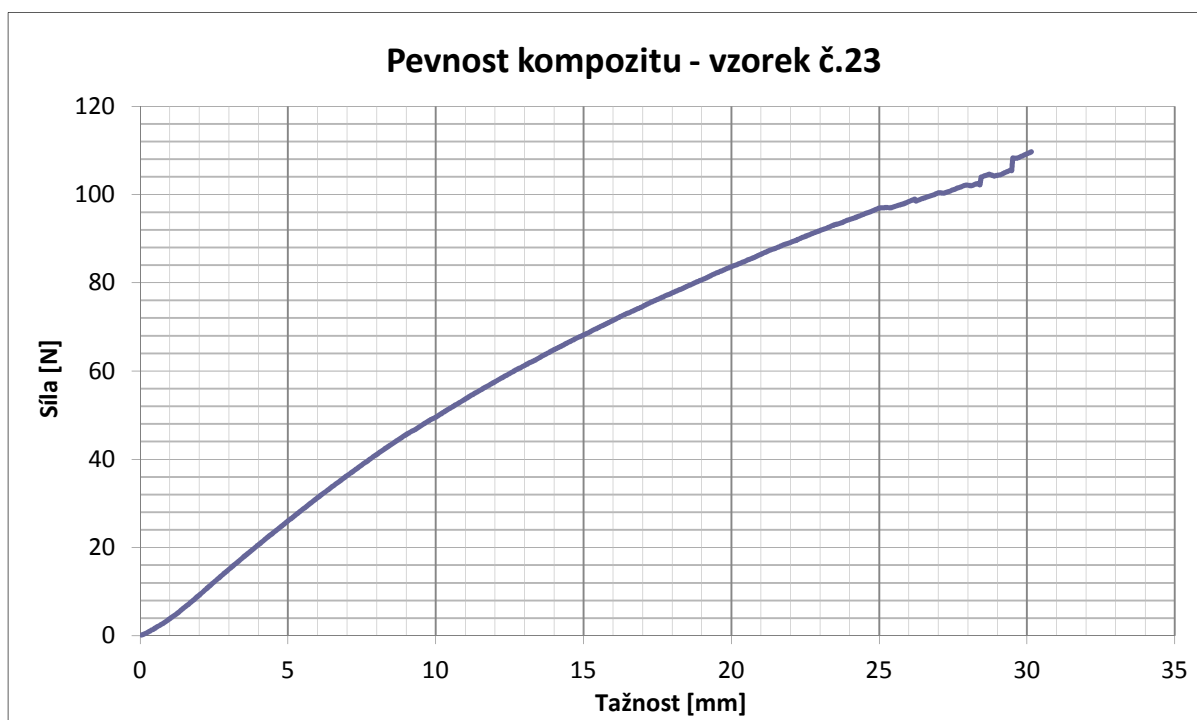


Obrázek 40: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.22 - podélný směr,  $v=4\text{m/min}$  (detail)

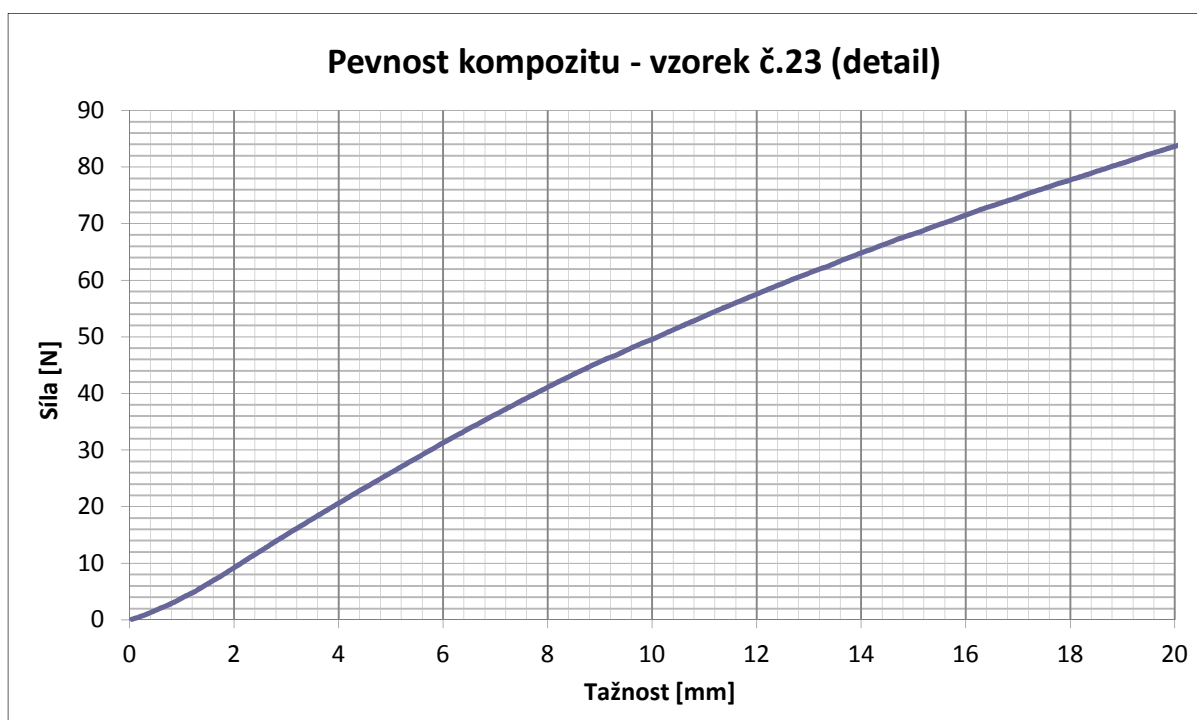




Obrázek 41: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.23 - podélný směr,  $v=6\text{m/min}$



Obrázek 42: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.23 - podélný směr,  $v=6\text{m/min}$  (detail)



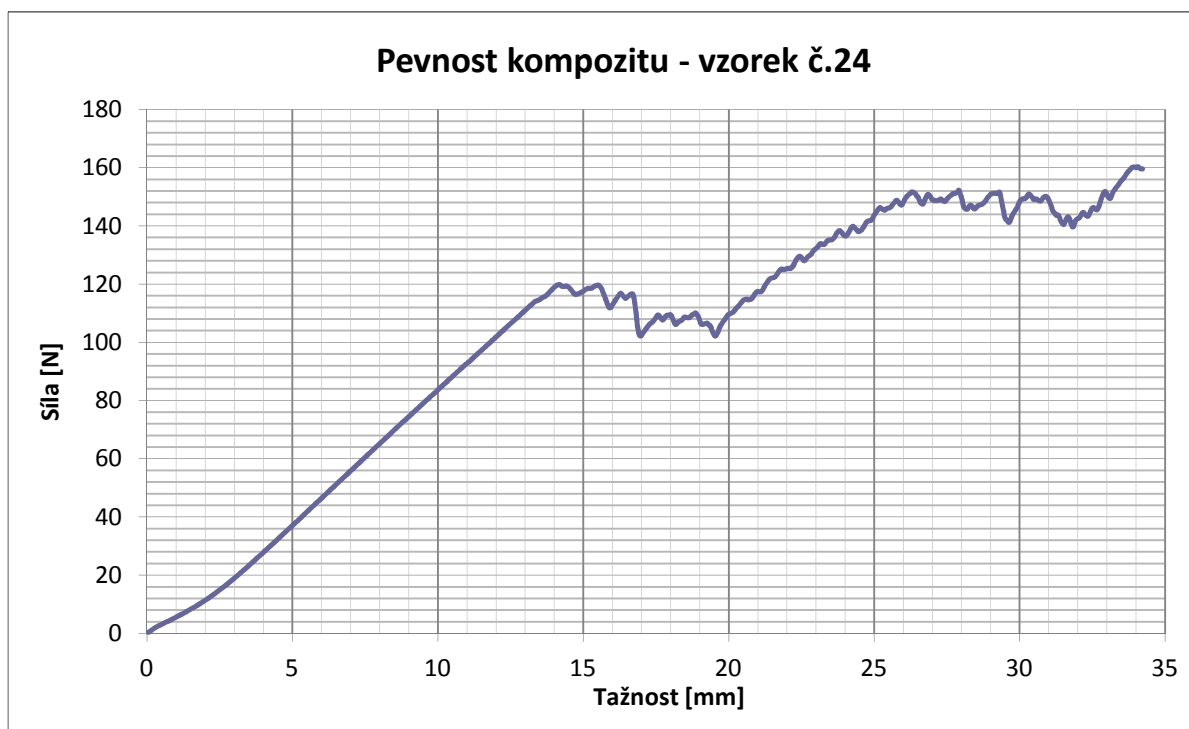
Vzorky označené čísly 24-26 v tabulce 6 byly namáhány v příčném směru, resp. kolmo na kvazi-přízi. Výsledky naměřené při různých výrobních rychlostech, jsou

v grafech na obrázcích 43-48. Stručný popis chování vzorků při jejich namáhání je v tabulce 11.

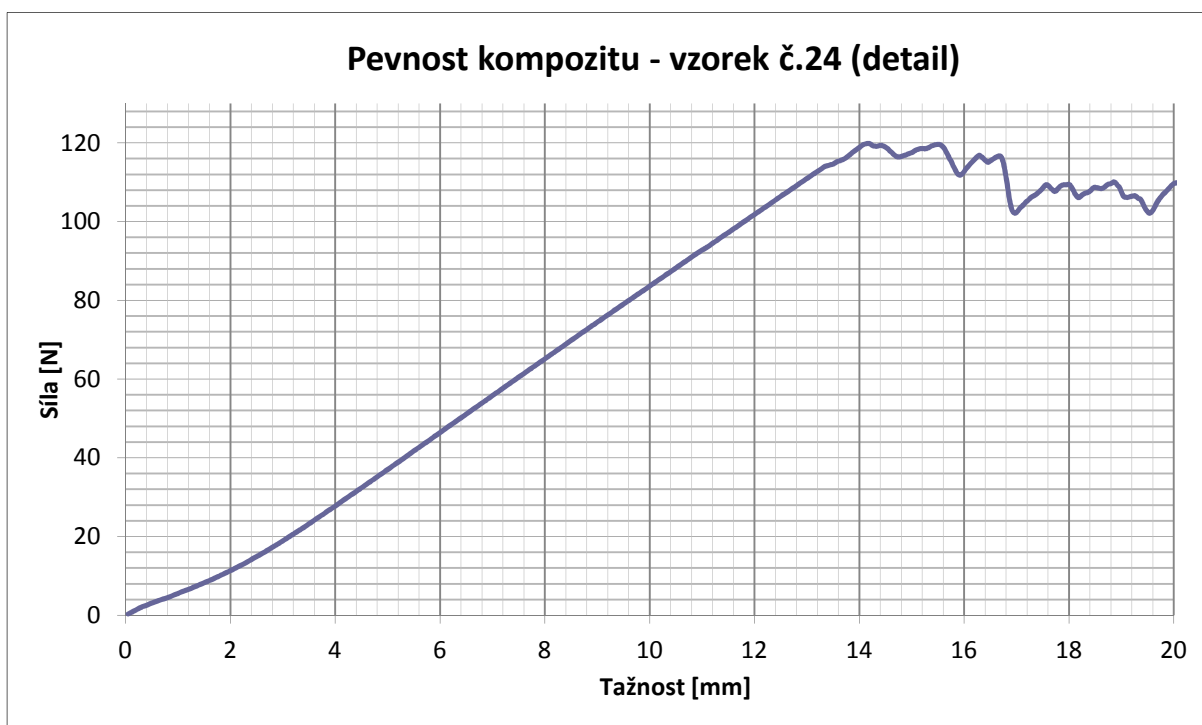
Tabulka 11: Pevnost kompozitu – příčný směr

Č.vzorku	Výstupní rychlost	Popis
24	1m/min	Dochází k prvnímu přetrhu cca po 20s. Mřížka popraská na více místech – v místech aplikace kvazi-přízí, ale vzorek se je namáhán dál (trhačka se nezastaví).
25	4m/min	
26	6m/min	

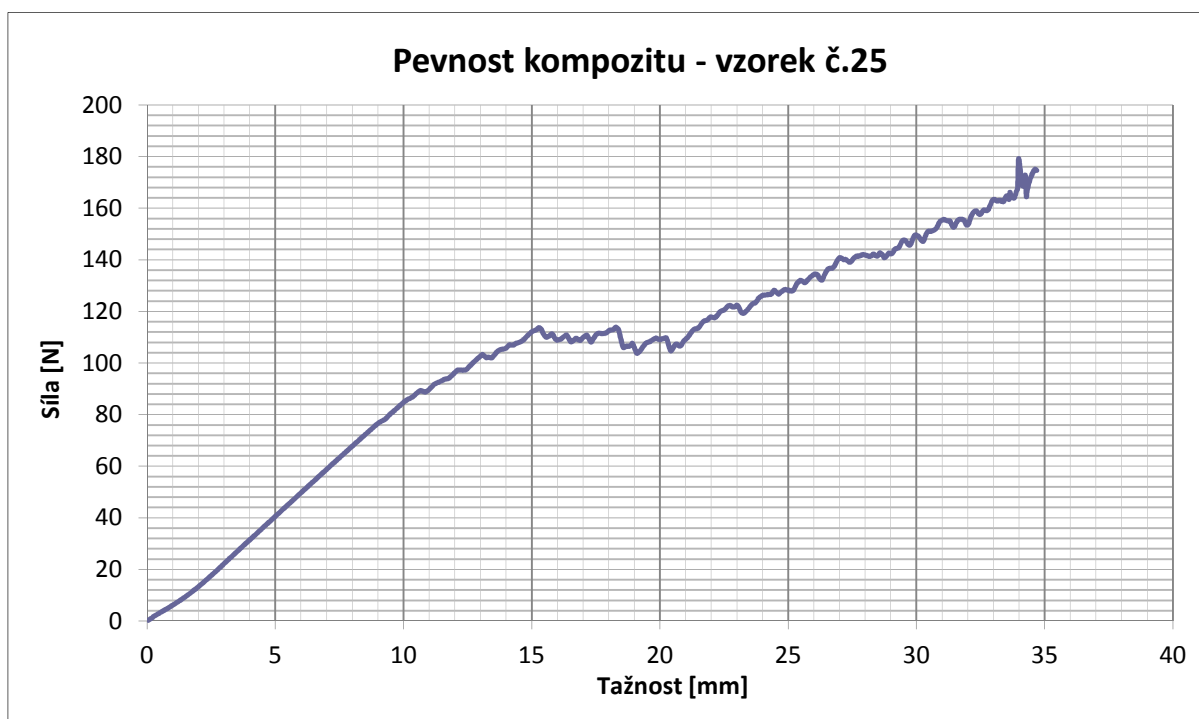
Obrázek 43: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.24 - příčný směr,  $v = 1\text{m/min}$



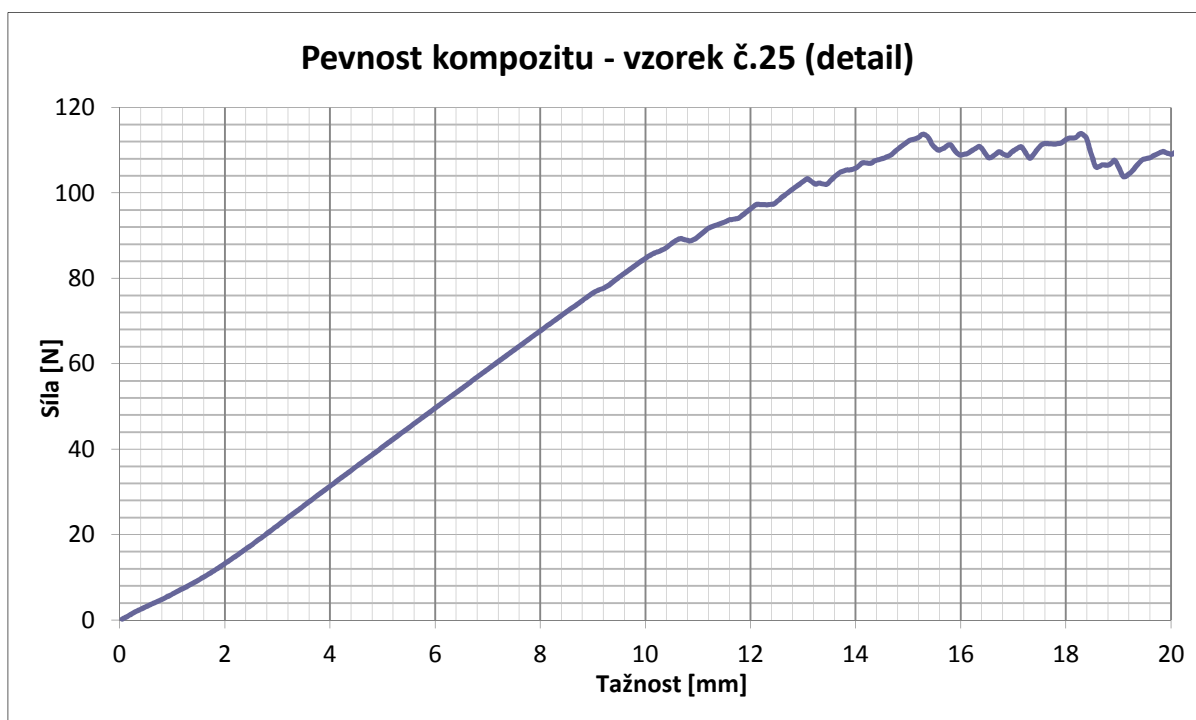
Obrázek 44: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.24 - příčný směr,  $v=1\text{m/min}$  (detail)



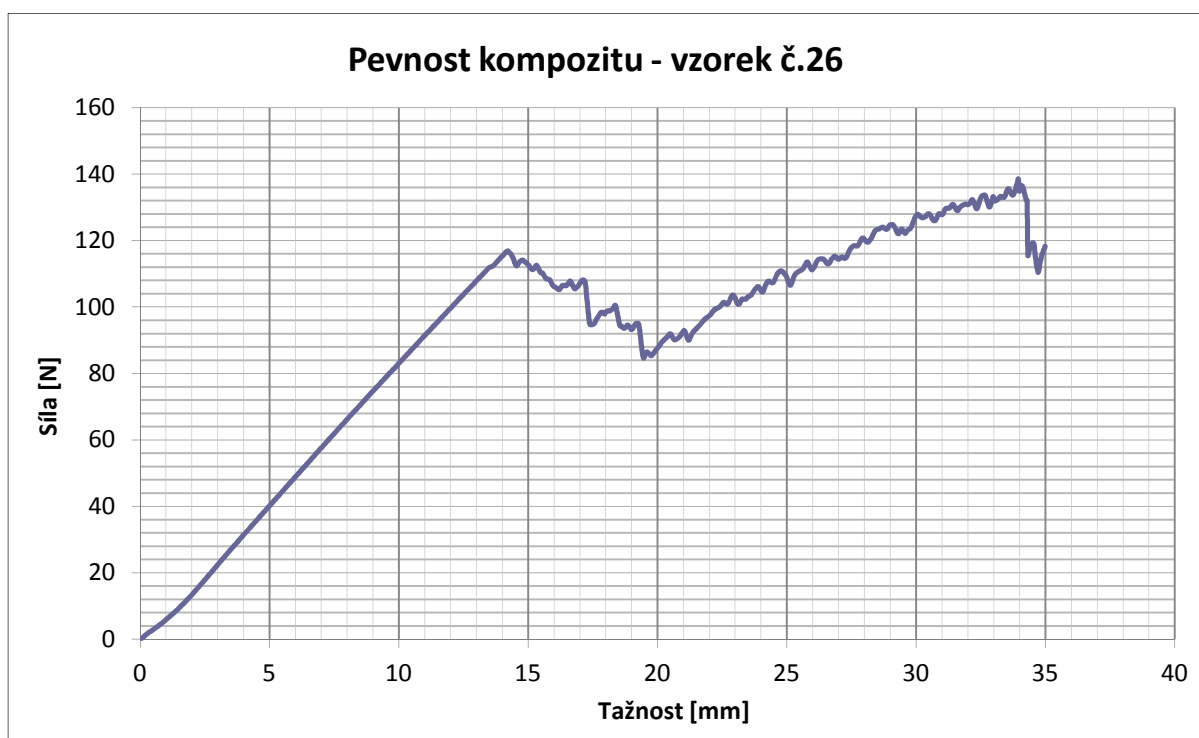
Obrázek 45: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.25 - příčný směr,  $v=4\text{m/min}$

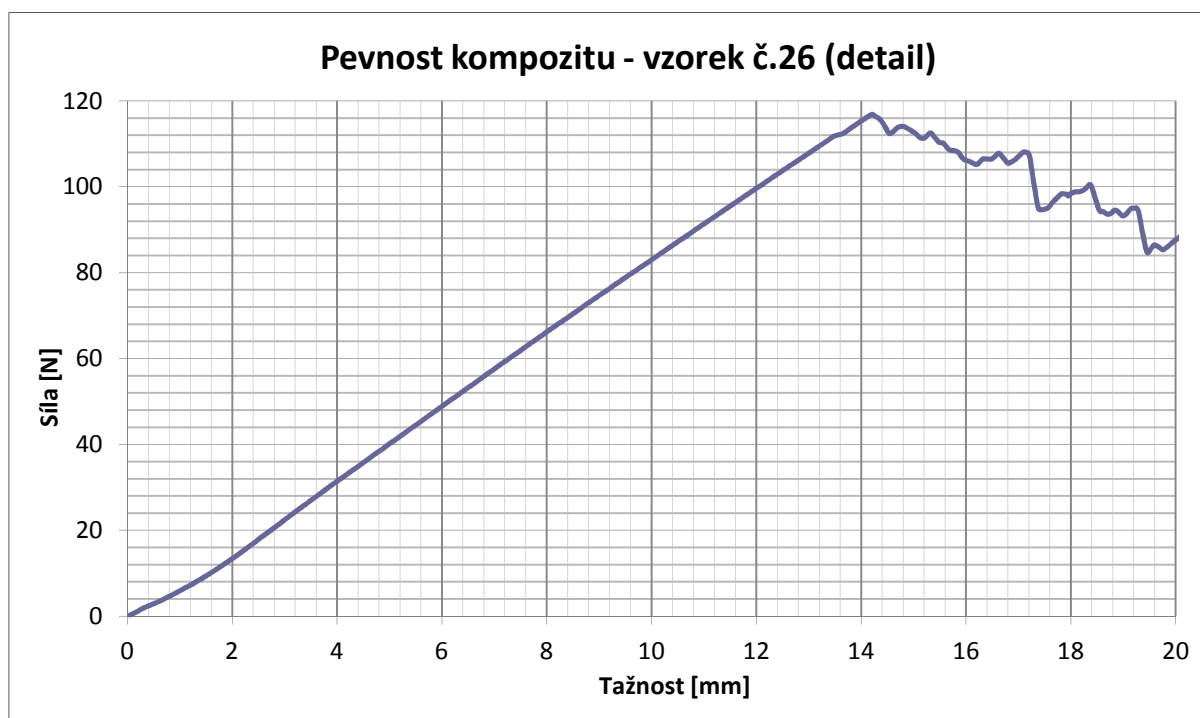


Obrázek 46: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.25 - příčný směr,  $v=4\text{m/min}$  (detail)



Obrázek 47: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.26 - příčný směr,  $v=6\text{m/min}$



Obrázek 48: Graf - Pevnost kompozitu- vzorek č.26 - příčný směr,  $v=6\text{m/min}$  (detail)

Maximální hodnoty pevnosti se pohybují v okolí pevnosti mřížky. Z popisu v tabulce 11 plyne, že dochází k nevýznamnému poškození mřížky fixačními elementy.

#### 4.3.2 Soudržnost s armovací sítí

Polotovary s armovací sítí spojené pomocí kvazi-přízí podle tabulky 5 byly rozřezány na zkušební vzorky o rozměrech v podélném směru: 85 x 170 mm a v příčném směru: 85 x 200 mm. Při testu soudržnosti v podélném směru je namáháno 10 kvazi-přízí najednou, resp. armovací síť je držena na povrchu 10 kvazi-přízemi na šířce vzorku 85 mm. Při testu soudržnosti v příčném směru jsou kvazi-příze namáhány postupně po jedné kvazi-přízi.

Upínací délka nastavená na Labtestu 4.050 byla v tomto případě 40 mm. Upínací šířka byla 85 mm. Uchycení materiálu v čelistech je znázorněno na obrázku 14 a 49, kde armovací síť byla uchycena do horních čelistí a polotovary do spodních čelistí.

Obrázek 49: Uchycení vzorku - soudržnost materiálu s armovací sítí



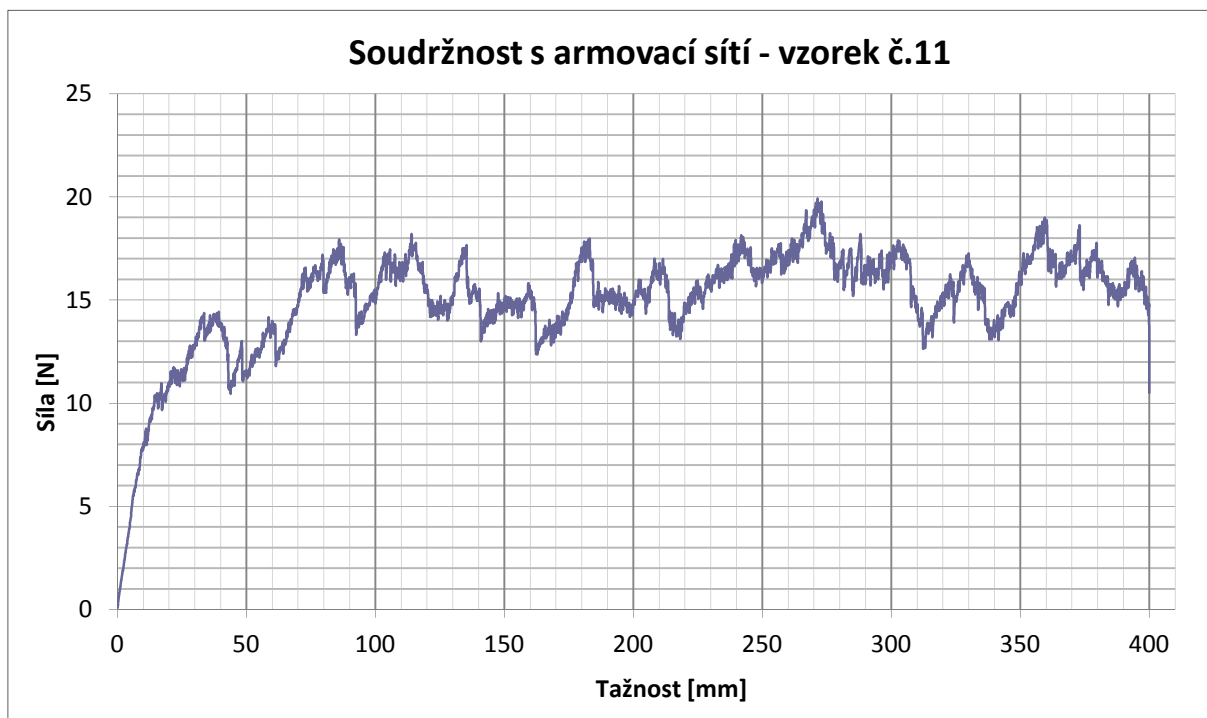
Vzorky označené čísla 11-15 v tabulce 5 byly namáhány v podélném směru, resp. ve směru kvazi-přízí. Výsledky naměřené při různých výrobních rychlostech, jsou v grafech na obrázcích 50-55. Stručný popis chování vzorků při jejich namáhání je v tabulce 12.

Tabulka 12: Soudržnost s armovací sítí – podélný směr

Č.vzorku	Výstupní rychlost	Popis
11	1m/min	Vzhledem k vysoké pevnosti kvazi-přízí dochází dříve k destrukci polotovaru než k oddělování sítě od povrchu (znázorněno na obr. 51).
12	2m/min	Vzhledem k vysoké pevnosti kvazi-přízí dochází dříve k destrukci polotovaru než k oddělování sítě od povrchu.
13	3m/min	V závislosti na pevnosti dochází v některých okamžicích k destrukci polotovaru a někdy k oddělování sítě od polotovaru.
14	4m/min	Polotovar zůstává neporušen a dochází k oddělování sítě od

		polotovaru cca při protažení o 50%
<b>15</b>	6m/min	Dochází ke snadnému oddělování sítě od polotovaru soudržnost lze označit za nízkou. (znázorněno naobr. 56)

Obrázek 50: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.11 - podélný směr, v=1m/min

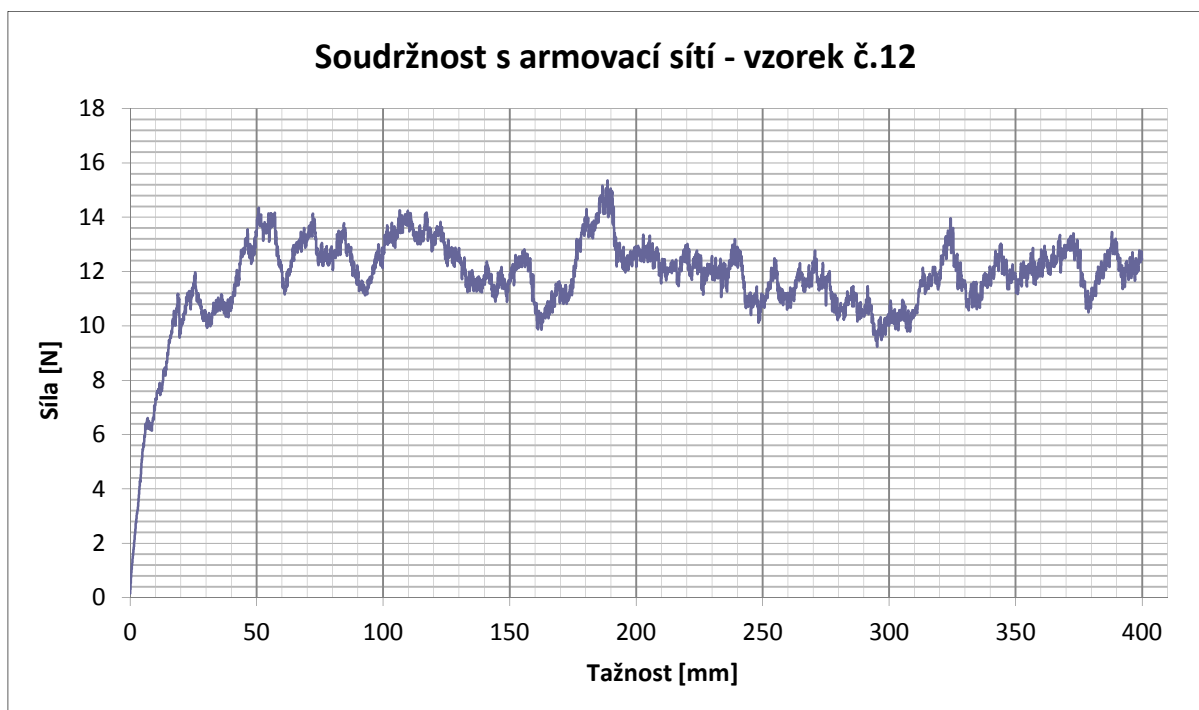


Detail k průběhu testu je znázorněn na obrázku 51.

Obrázek 51: Soudržnost materiálu s armovací sítí – vzorek č.11

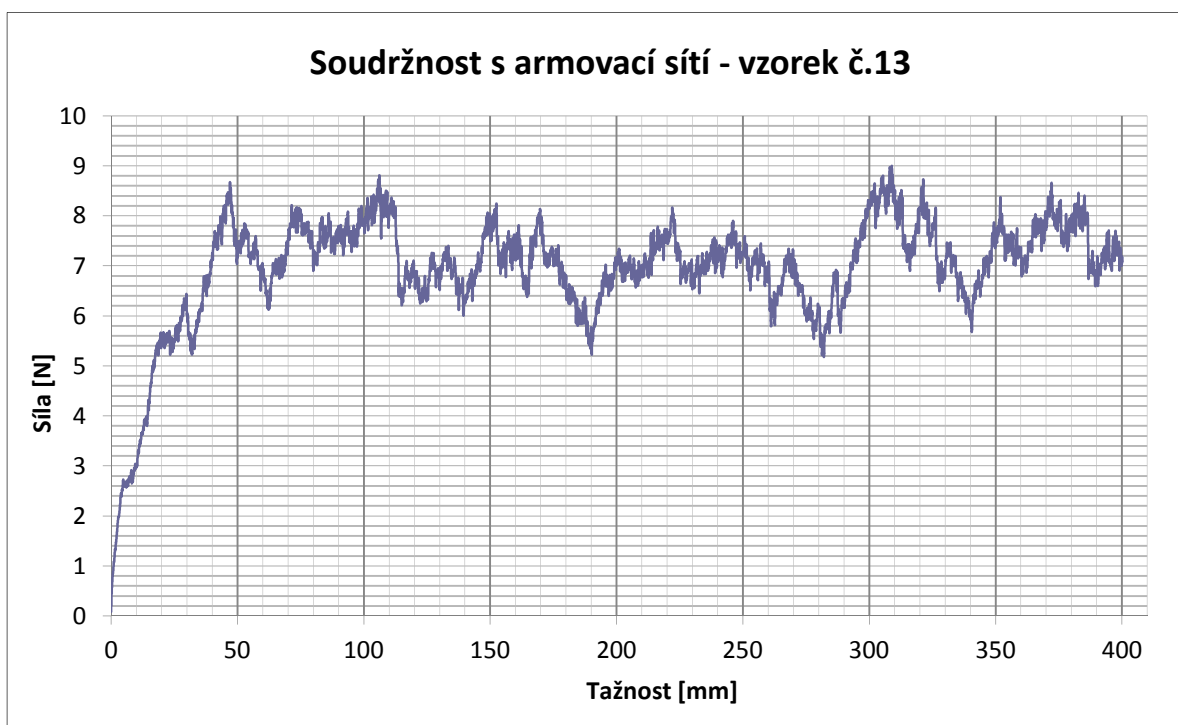


Obrázek 52: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.12 - podélný směr,  $v=2\text{m/min}$

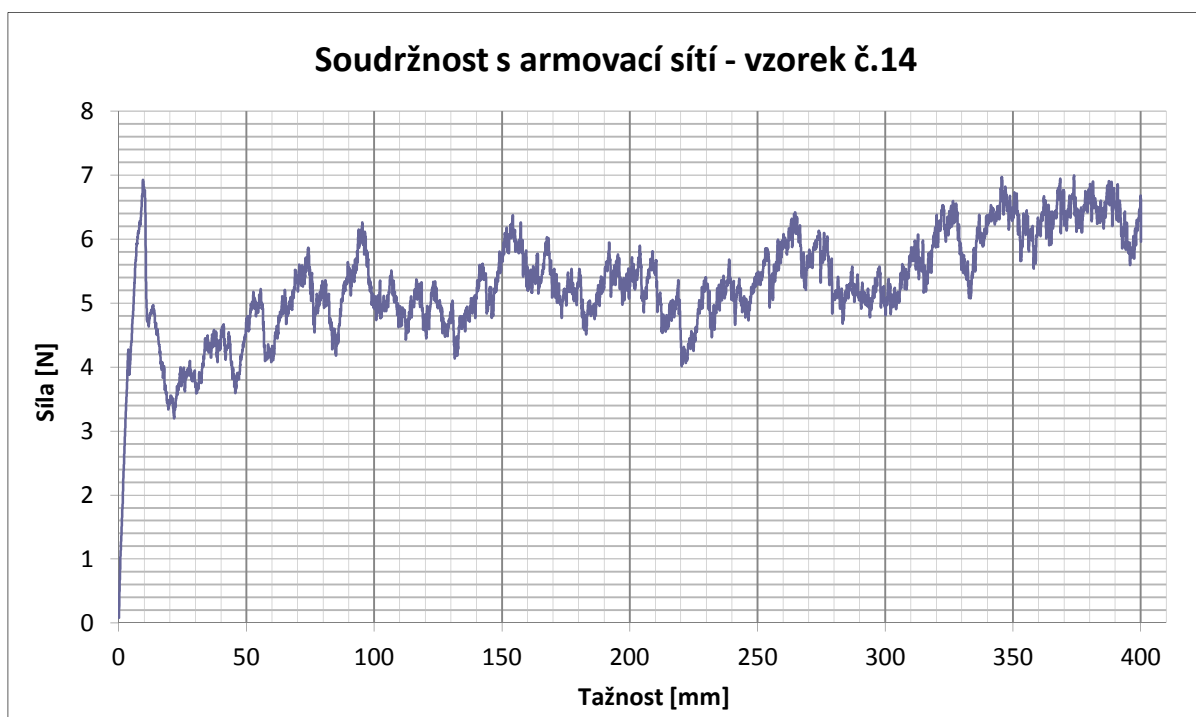




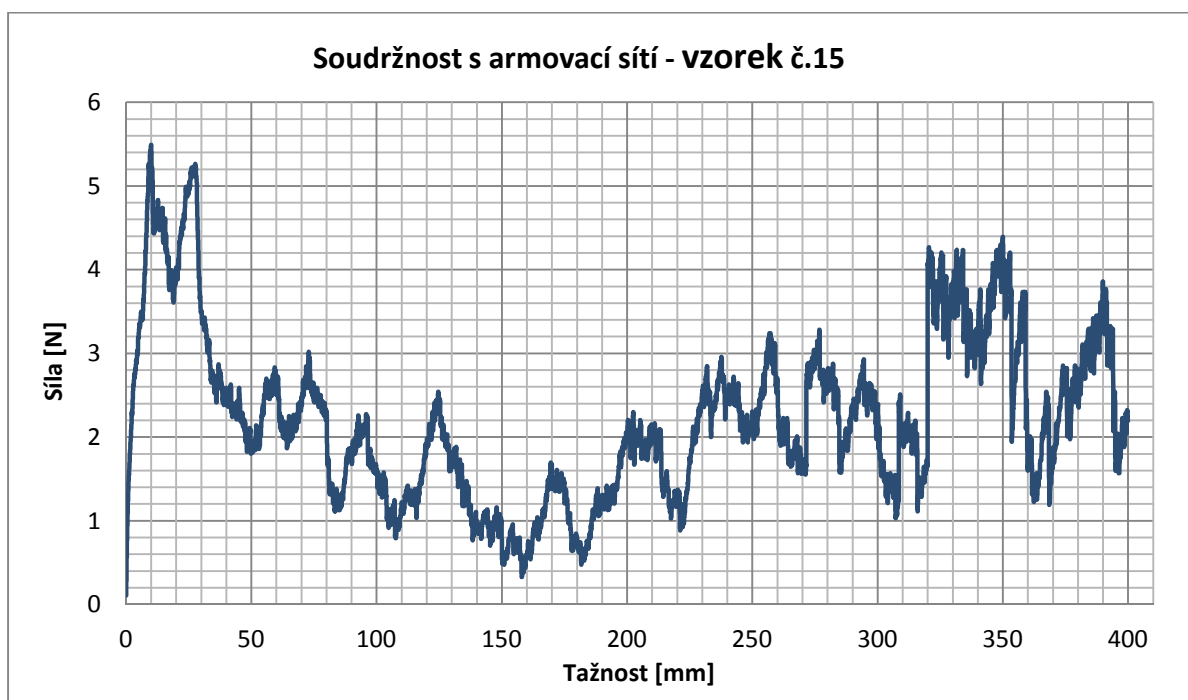
Obrázek 53: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.13 - podélný směr,  $v=3\text{m/min}$



Obrázek 54: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.14 - podélný směr,  $v=4\text{m/min}$



Obrázek 55: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.15 - podélný směr,  $v=6\text{m/min}$



Detail k průběhu testu je znázorněn na obrázku 56.

Obrázek 56: Soudržnost materiálu s armovací sítí – vzorek č.15



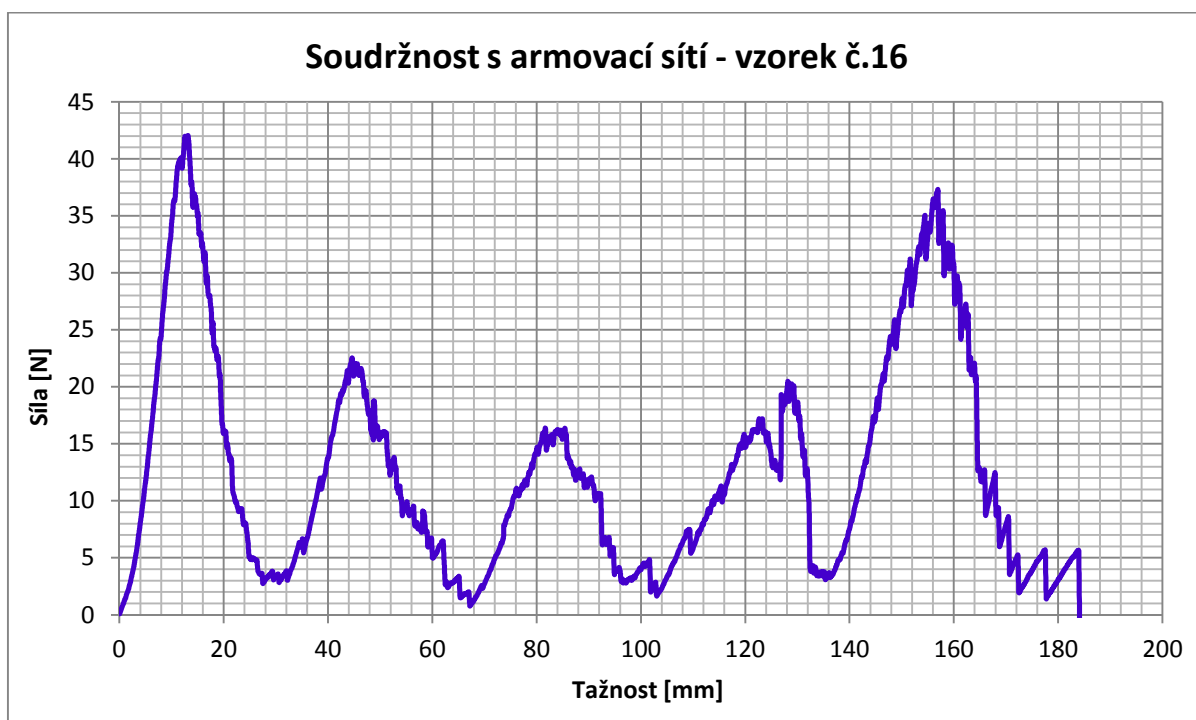
Vzorky označené čísly 16-20 v tabulce 5 byly namáhány v příčném směru, resp. kolmo na kvazi-přízi. Výsledky naměřené při různých výrobních rychlostech, jsou

v grafech na obrázcích 57-63. Stručný popis chování vzorku pro jeho namáhání je v tabulce 13.

Tabulka 13: Soudržnost s armovací sítí – příčný směr

Č.vzorku	Výstupní rychlost	Popis
16	1m/min	Vzhledem k vysoké pevnosti spojení armovací sítě s polotovarem, dochází k popraskání armovací sítě a mění se šířka sítě v tahu (znázorněno na obr. 58). Na grafu v obr. 57 lze vysledovat, že protažení je cca o 50% menší než u měření soudržnosti v podélném směru (obr. 50), protože v tomto případě došlo k přetrhu sítě a tím k zastavení trhačky.
17	2m/min	Vzhledem k vysoké pevnosti spojení armovací sítě s polotovarem, dochází k popraskání armovací sítě a mění se šířka sítě v tahu. Také dochází k přetrhu sítě a zastavení trhačky, ale protažení je již delší než u vzorku 16.
18	3m/min	Dochází opět k popraskání armovací sítě. U některých vzorků dokonce k přetrhu sítě a zastavení trhačky, ale protažení je delší než u vzorku 17 (znázorněno na obr. 61).
19	4m/min	K přetrhu sítě a zastavení trhačky dochází pouze u jednoho vzorku. Jinak lze pozorovat úplné oddělení sítě od polotovaru.
20	6m/min	Nedochází k přetrhu armovací sítě ani u jednoho vzorku a lze pozorovat úplné oddělení sítě od polotovaru (znázorněno na obr. 63).

Obrázek 57: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.16 - příčný směr,  $v=1\text{m/min}$

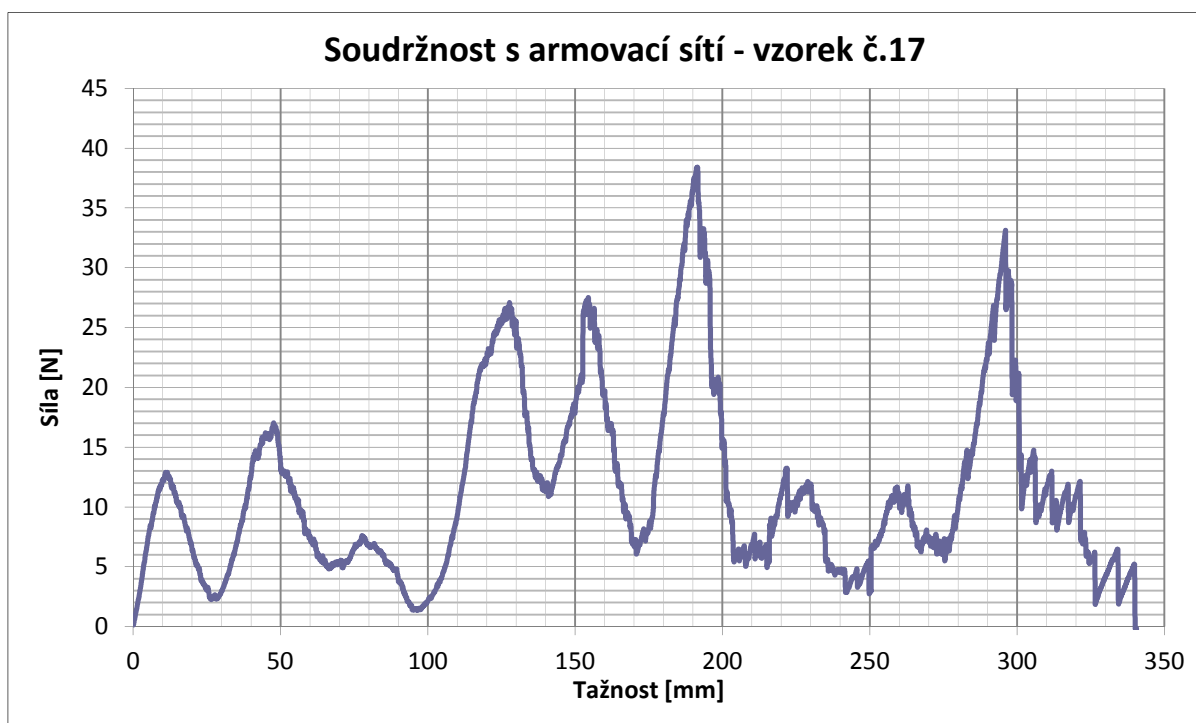


Detail k chování vzorku 16 při namáhání je znázorněn na obrázku 58.

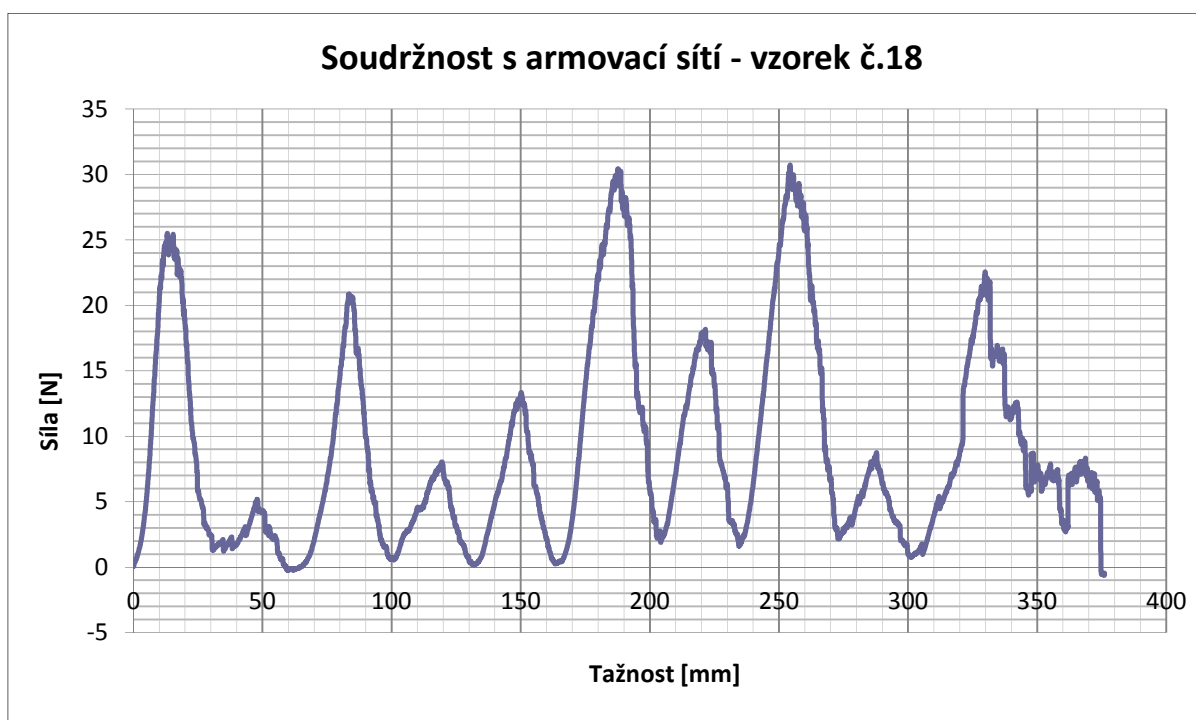
Obrázek 58: Soudržnost polotovaru s armovací sítí - vzorek č.16



Obrázek 59: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.17 - příčný směr,  $v=2\text{m/min}$



Obrázek 60: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.18 - příčný směr,  $v=3\text{m/min}$

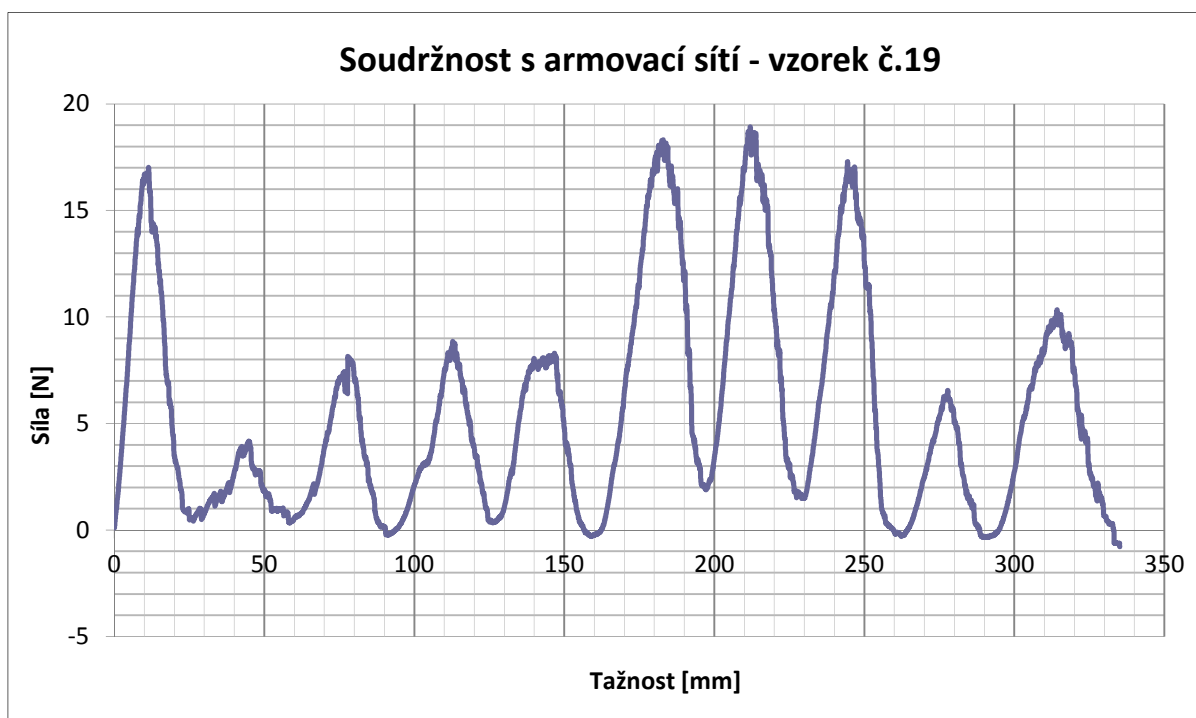


Detail k chování vzorku č.18 pro namáhání je na obrázku 61.

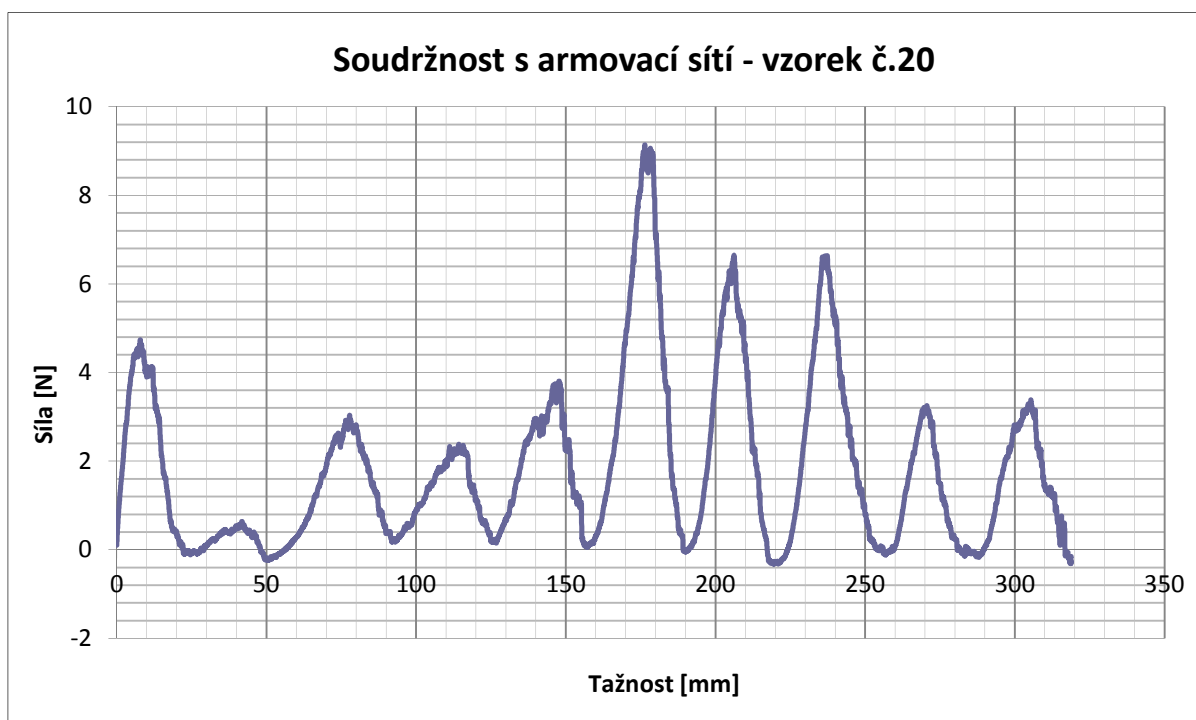
Obrázek 61: Soudržnost polotovaru s armovací sítí - vzorek č.18



Obrázek 62: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.19 - příčný směr,  $v=4\text{m/min}$



Obrázek 63: Graf - Soudržnost s armovací sítí - vzorek č.20 - příčný směr,  $v=6\text{m/min}$



Detail k chování vzorku č. 20 je na obrázku 64.

Obrázek 64: Soudržnost materiálu s armovací sítí – vzorek č.20



### 4.3.3 Pevnosti základního materiálu

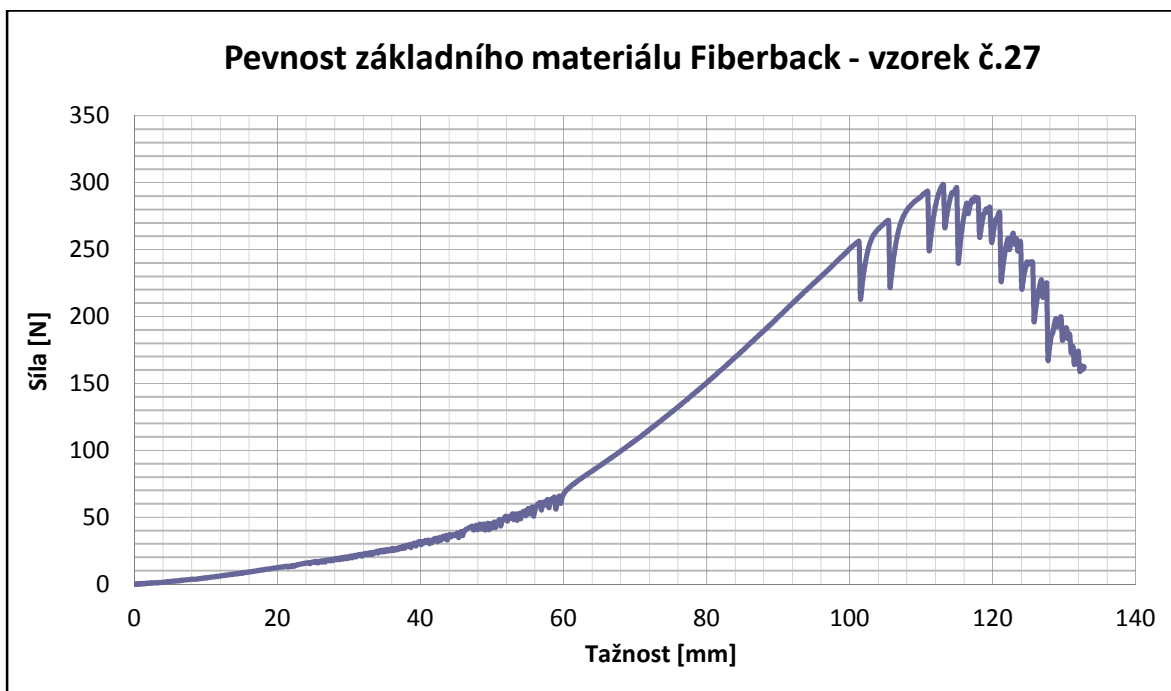
Přehled testovaného základního materiálu je v tabulce 14.

Tabulka 14: Základní materiál

Č.vzorku	Materiál	Směr testu
27	Základní materiál Fiberback	Podélný
28	Základní materiál Fiberback	Příčný
29	Sít' Conwed 5x5 mm	Podélný
30	Sít' Conwed 5x5 mm	Příčný
31	Polotovar	Podélný
32	Polotovar	Příčný

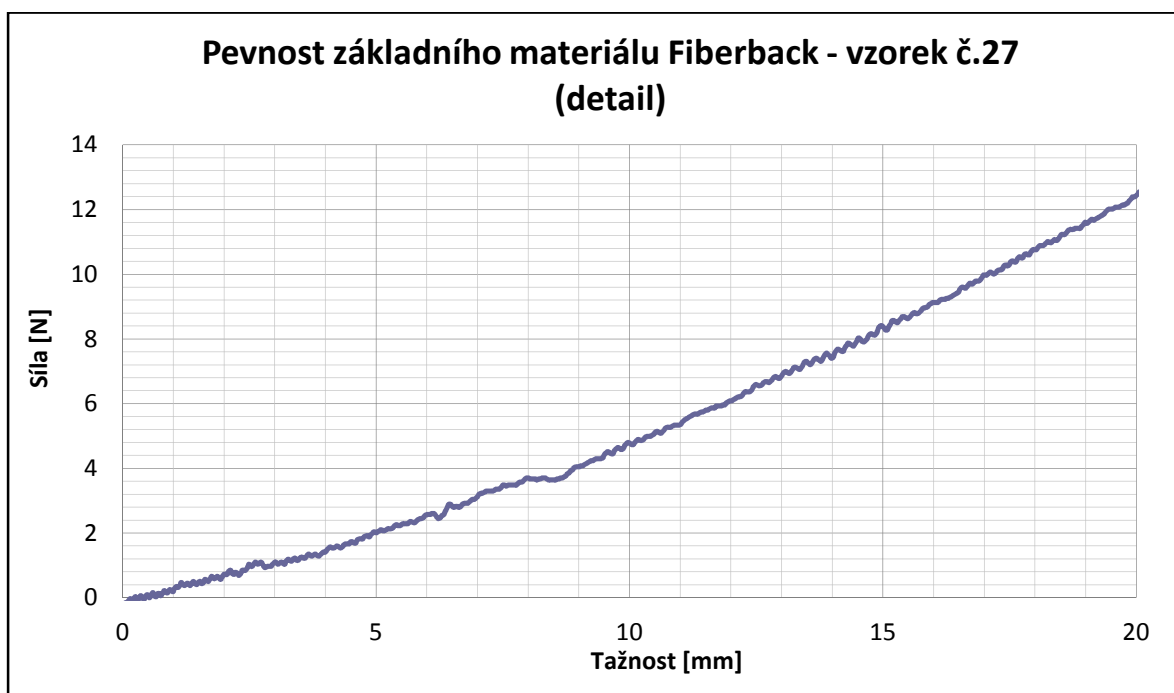
Jako výsledek měření jsou znázorněny vždy dva grafy. V prvním je průběh celého měření. V druhém je detailní graf, kde je znázorněn průběh pouze do prodloužení 20 mm. To proto, že pro praktické namáhání produktu se nepředpokládá větší prodloužení než cca 10 %.

Obrázek 65: Graf - Základní materiál Fiberback - podélný směr

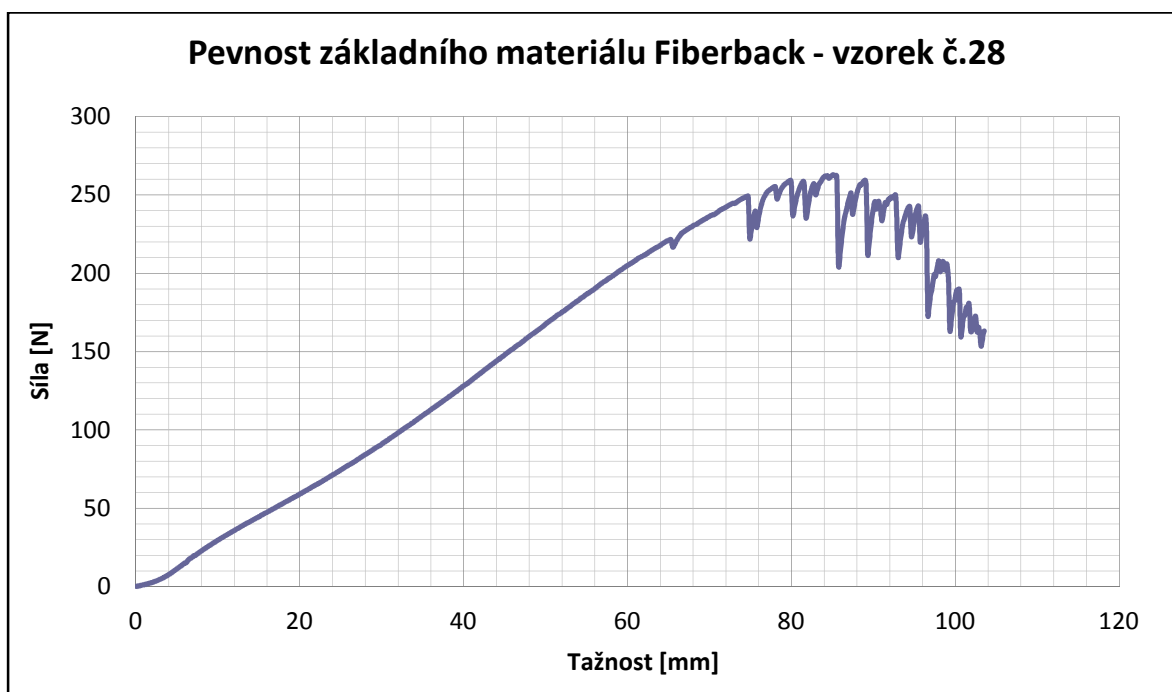




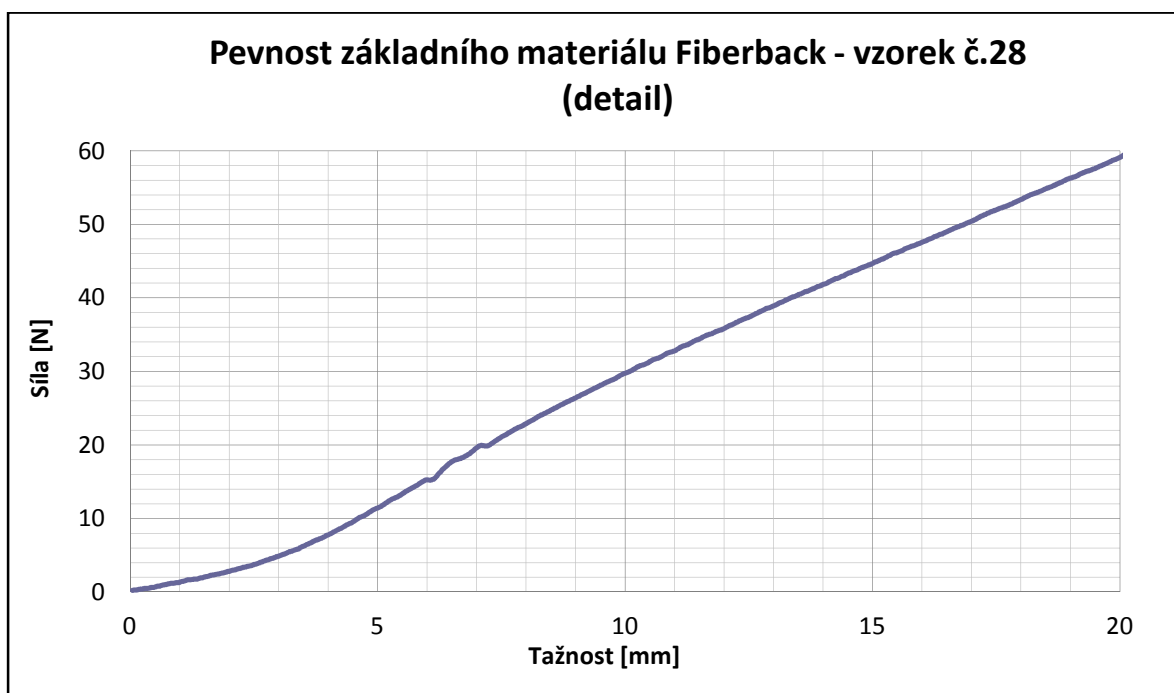
Obrázek 66: Graf - Základní materiál Fiberback - podélný směr (detail)



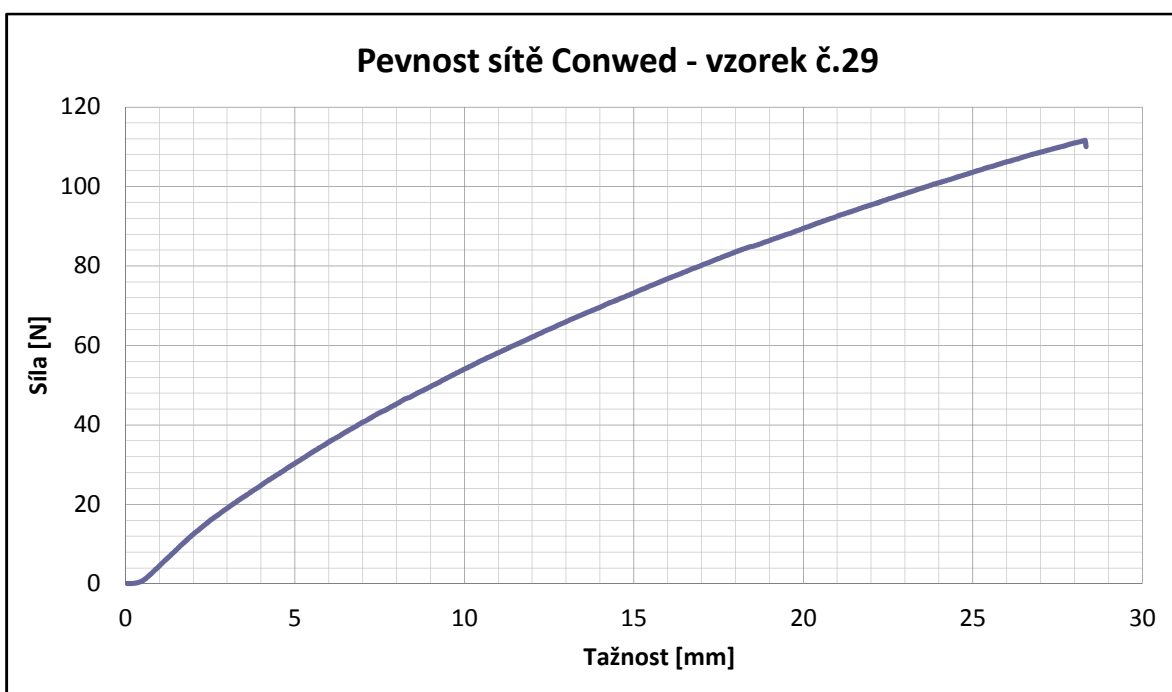
Obrázek 67: Graf - Základní materiál Fiberback - příčný směr



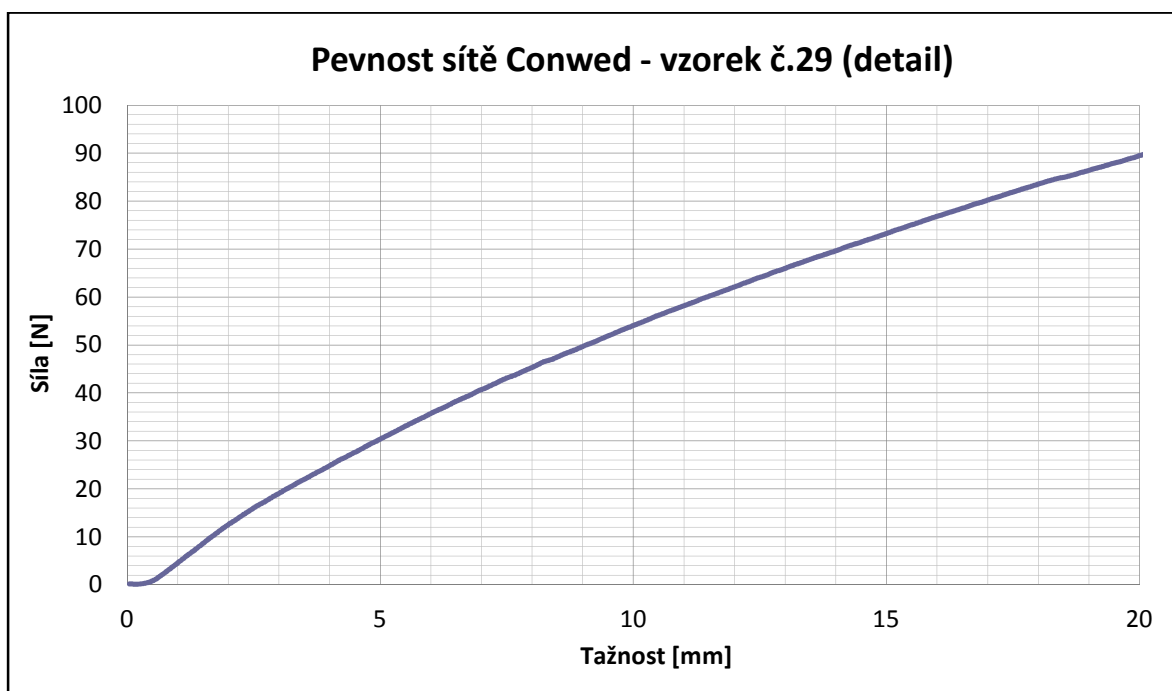
Obrázek 68: Graf - Základní materiál Fiberback - příčný směr (detail)



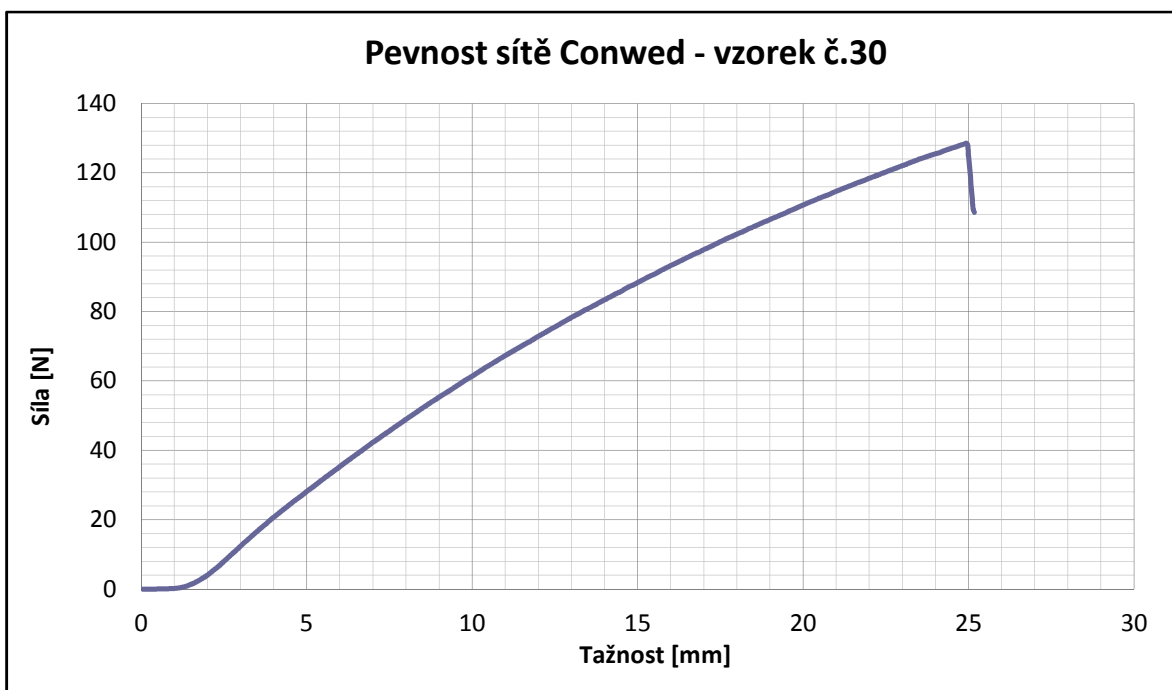
Obrázek 69: Graf - Síť Conwed 5x5 mm - podélný směr



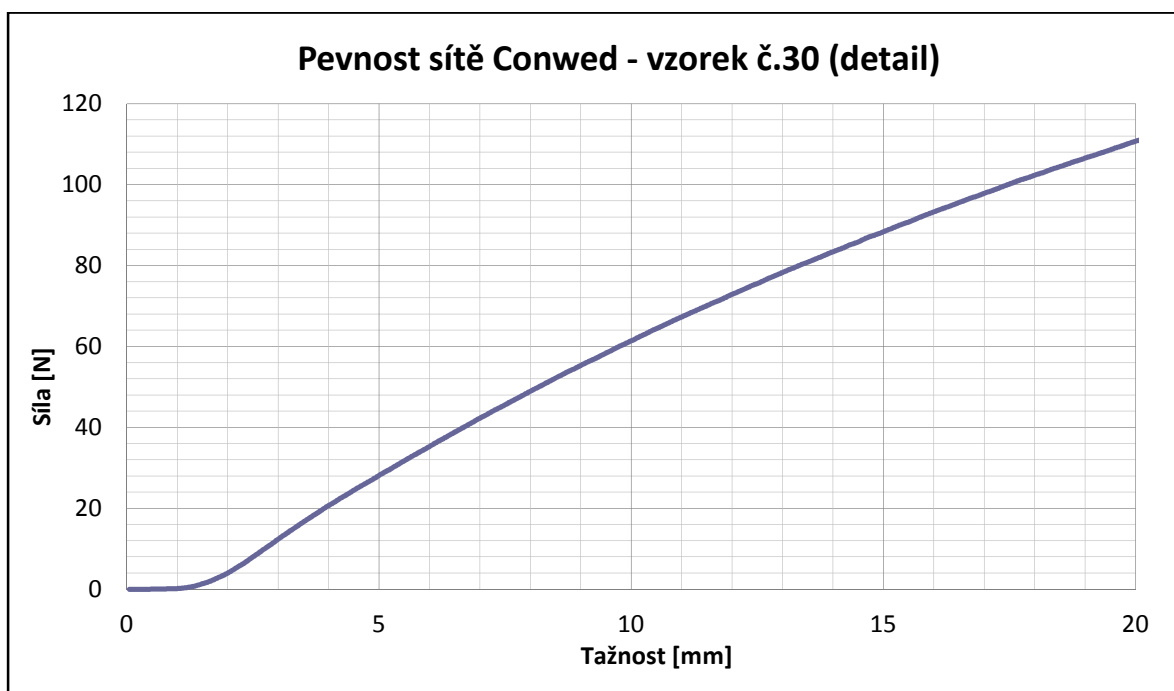
Obrázek 70: Graf - Sít' Conwed 5x5 mm - podélný směr (detail)



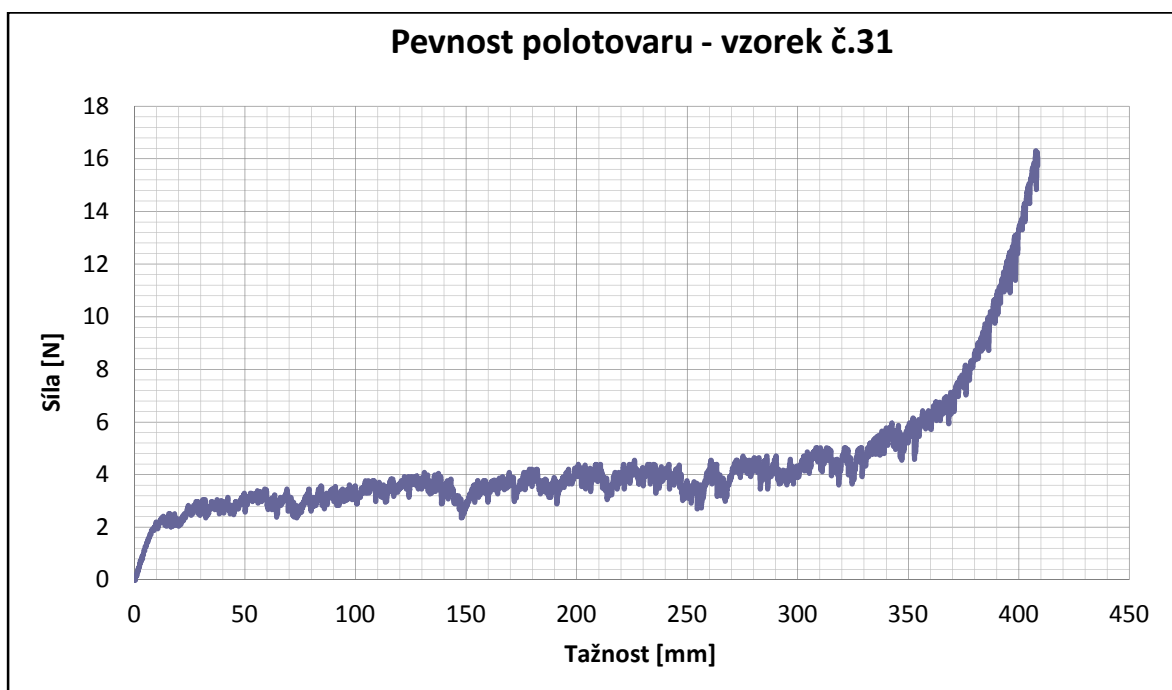
Obrázek 71: Graf - Sít' Conwed 5x5 mm - příčný směr



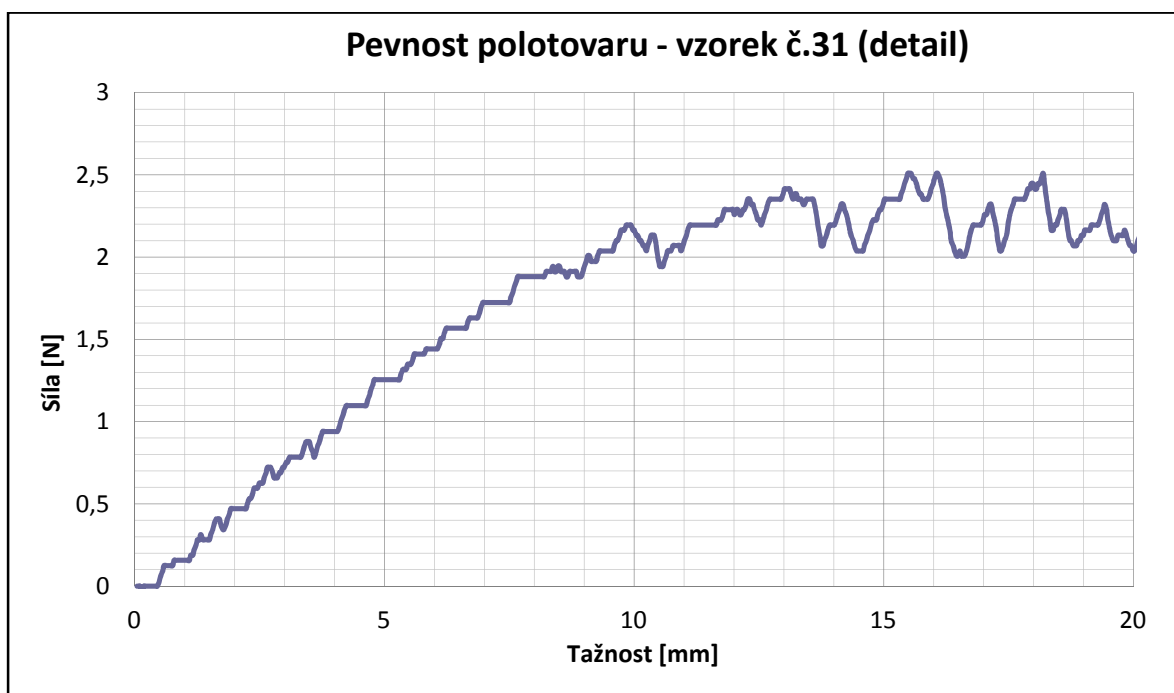
Obrázek 72: Graf - Sít' Conwed 5x5 mm - příčný směr (detail)



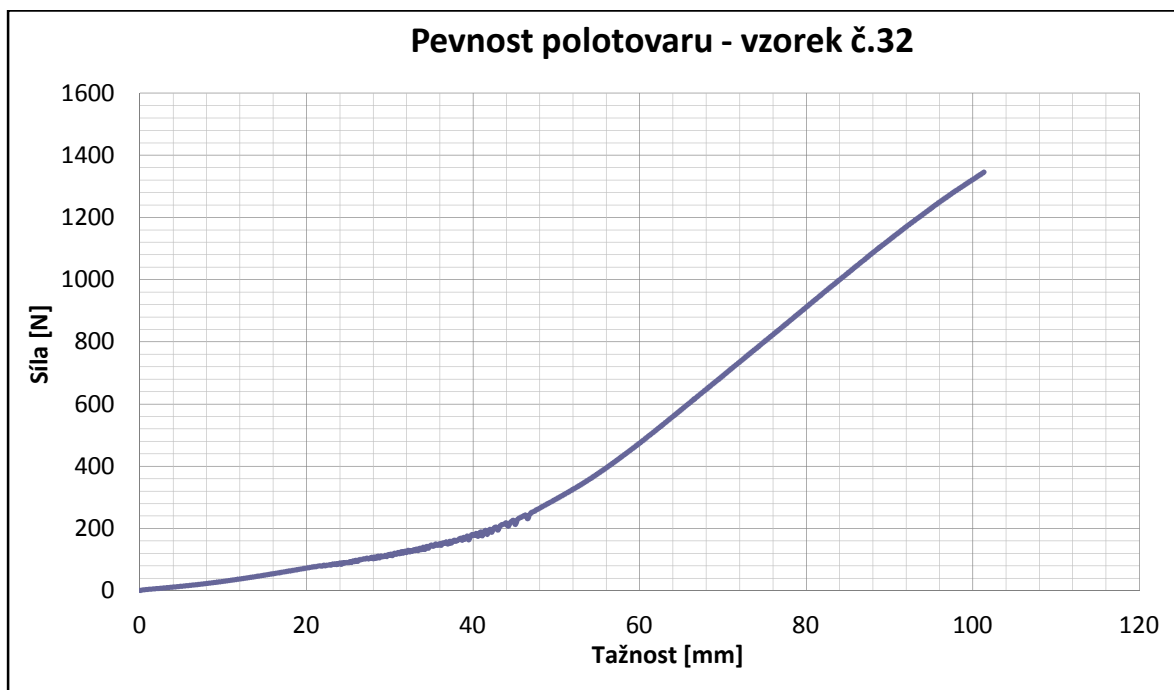
Obrázek 73: Graf - Polotovar - podélný směr



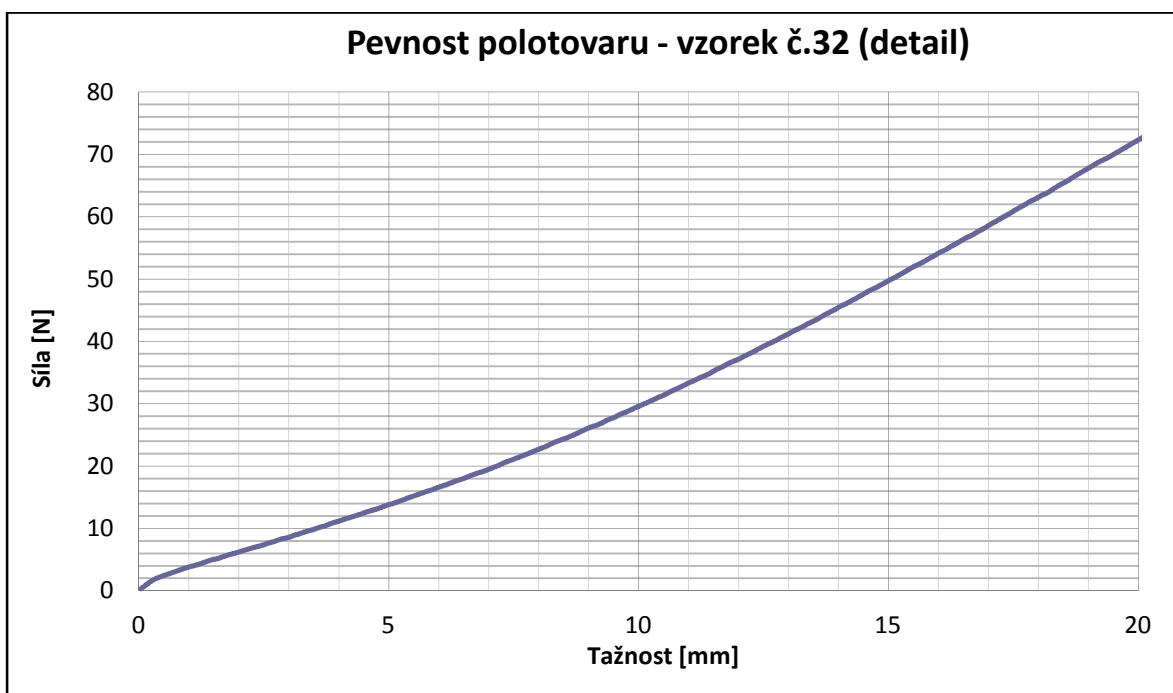
Obrázek 74: Graf - Polotovar - podélný směr (detail)



Obrázek 75: Graf - Polotovar - příčný směr



Obrázek 76: Graf - Polotovaru - příčný směr (detail)



#### 4.4 Závislosti mezi vlastnostmi produktů a výstupní rychlostí

V rámci experimentu byl měněn pouze jeden, zato ekonomicky nejdůležitější, technologický parametr – výstupní rychlost. Ostatní parametry (viz kapitola 3.1.1) zůstávaly konstantní.

##### 4.4.1 Závislost mezi pevností produktů a výstupní rychlostí

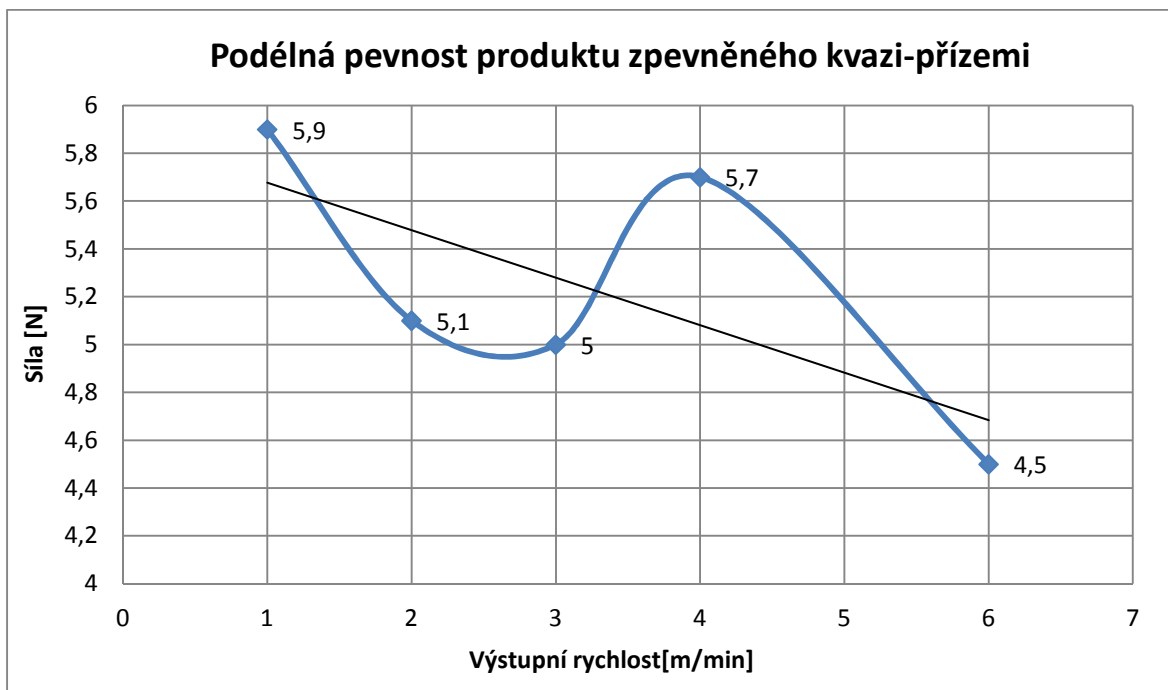
Hodnoty v grafech jsou střední hodnoty z měření 5 vzorků podle tabulek 4a 6. Jsou to nejvyšší hodnoty získané z detailních grafů na obrázcích 16-35 pro aplikace kvazi-přízí ke zvýšení pevnosti produktu, a z grafů na obrázcích 37-48 pro pevnost produktu s armovací sítí – kompozitu. Výsledky jsou v grafech na obrázcích 77-79. Pro snadnější porovnání jsou výsledky testů provedených v experimentu shrnuty do následující tabulky (viz tabulka 15). V grafech je znázorněn směr trendu.

Tabulka 15: Naměřené hodnoty pevnosti

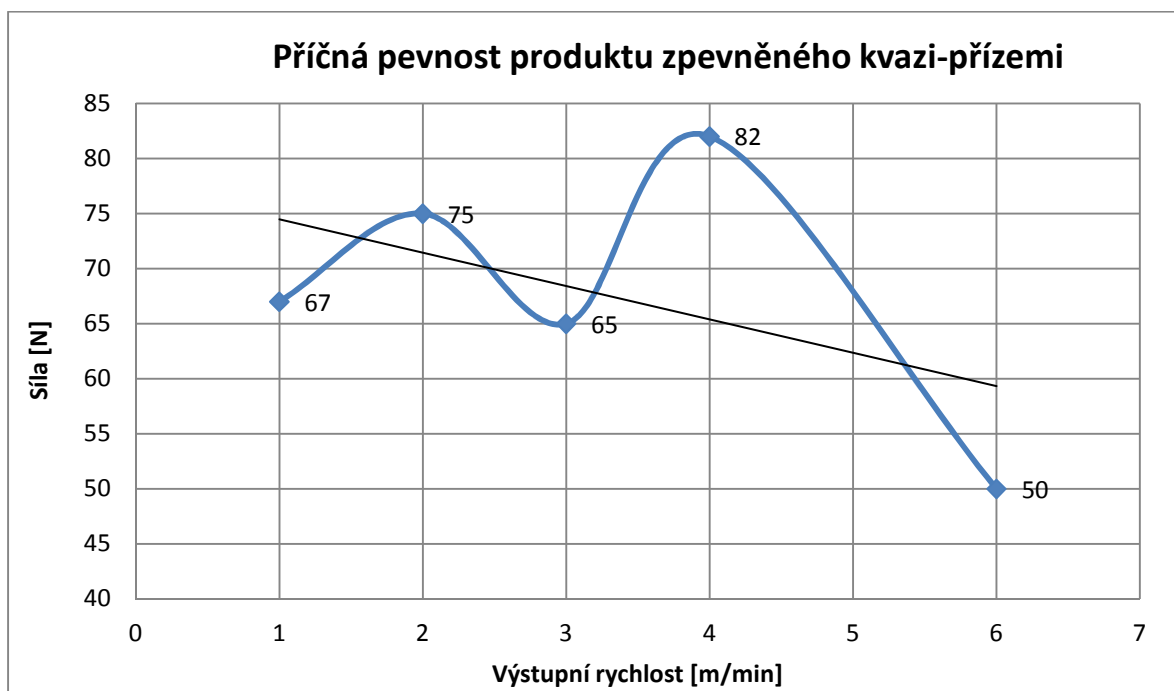
Typ testu	Pevnost [N]	Typ testu	Pevnost [N]				
			Výstupní rychlost [m/min]				
			1	2	3	4	6
Podélná pevnost <u>polotovaru</u>	2,5	Podélná pevnost produktu zpevněná kvazi-přízemí	5,9	5,1	5	5,7	4,5
Příčná pevnost <u>polotovaru</u>	72	Příčná pevnost produktu zpevněná kvazi-přízemí	67	75	65	82	50
Podélná pevnost <u>sítě</u>	90	Podélná pevnost kompozitu (kvazi-příze + síť)	84			85	84
Příčná pevnost <u>sítě</u>	115	Příčná pevnost kompozitu (kvazi-příze + síť)	120			115	118

Pozn: Hodnoty maximální pevnosti jsou z protažení o rozsahu 0-20 mm.

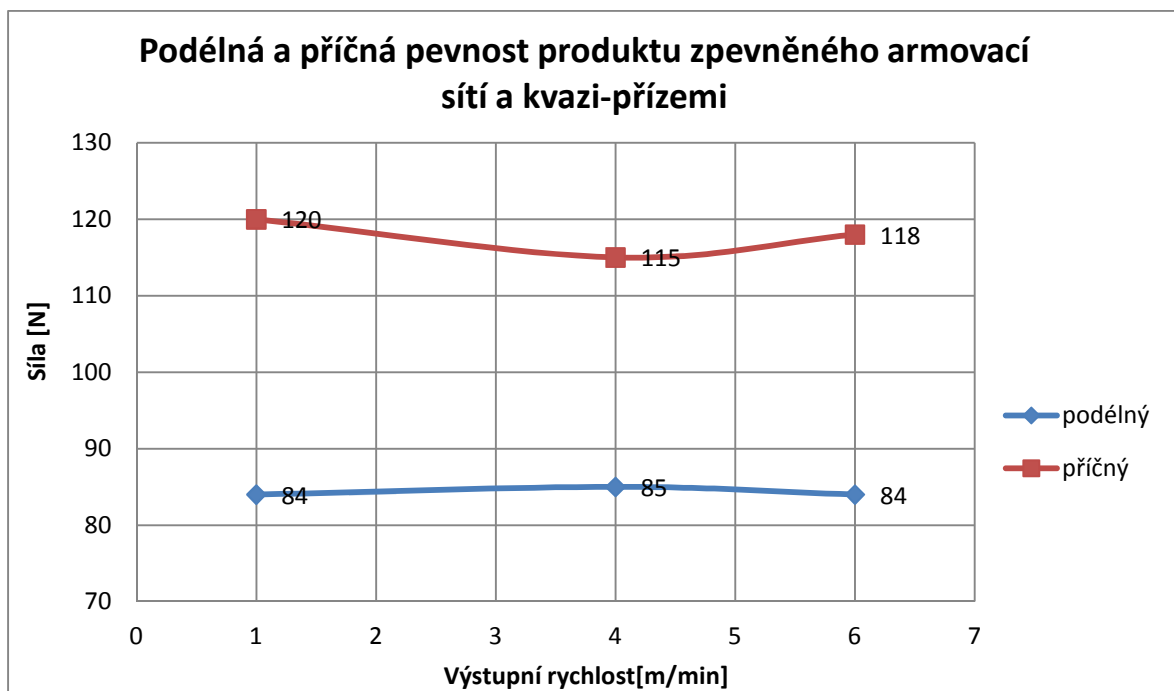
Obrázek 77: Graf - Vliv výstupní rychlosti na podélnou pevnost produktu zpevněného kvazi-přízemí



Obrázek 78: Graf - Vliv výstupní rychlosti na příčnou pevnost produktu zpevněného kvazi-přízemí



Obrázek 79: Graf - Vliv výstupní rychlosti na podélnou a příčnou pevnost produktu zpevněného armovací sítí a kvazi-přízemí





Pro snadné porovnání jsou oba průběhy měření v jednom grafu. Z grafu je patrné že, výstupní rychlost nemá významný vliv na pevnost kompozitu, lze vyrábět ve vyšších výstupních rychlostech.

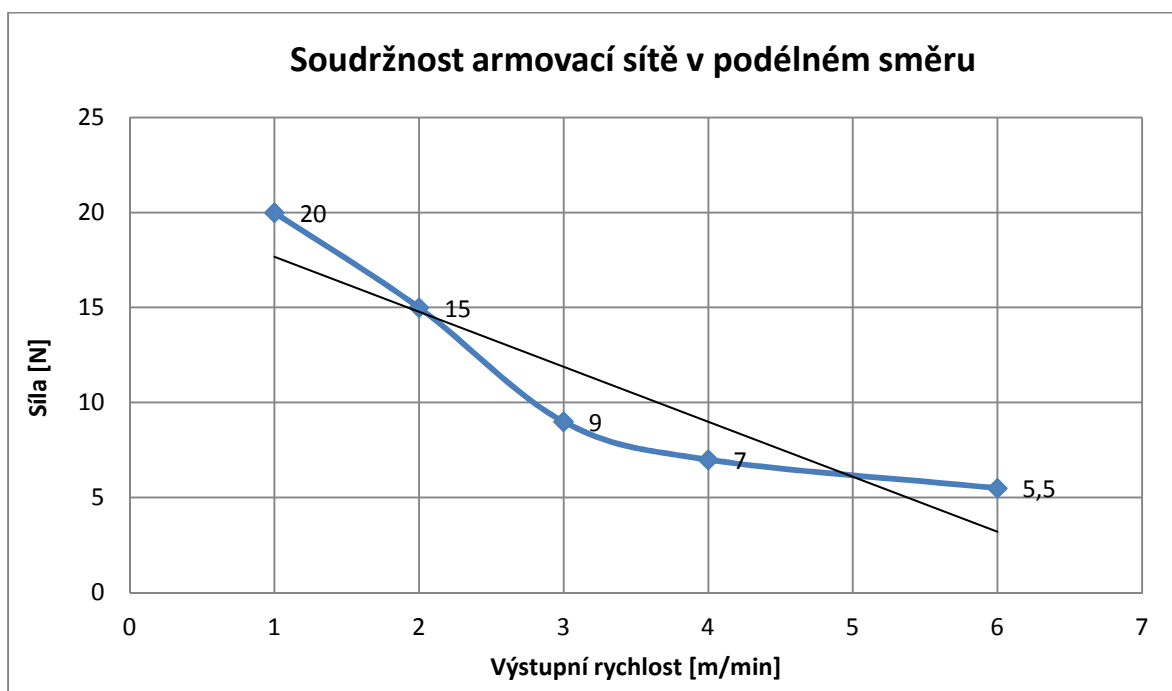
#### 4.4.2 Závislost mezi soudržností armovací sítě s NT a výstupní rychlostí

Hodnoty v grafech jsou střední hodnoty z měření 5 vzorků (viz tabulka 16). Jsou to nejvyšší hodnoty získané z grafů na obrázku 50-63. Pro snadnější porovnání jsou výsledky testů provedených v experimentu shrnuty do následující tabulky (viz tabulka 16). V grafech je znázorněn směr trendu.

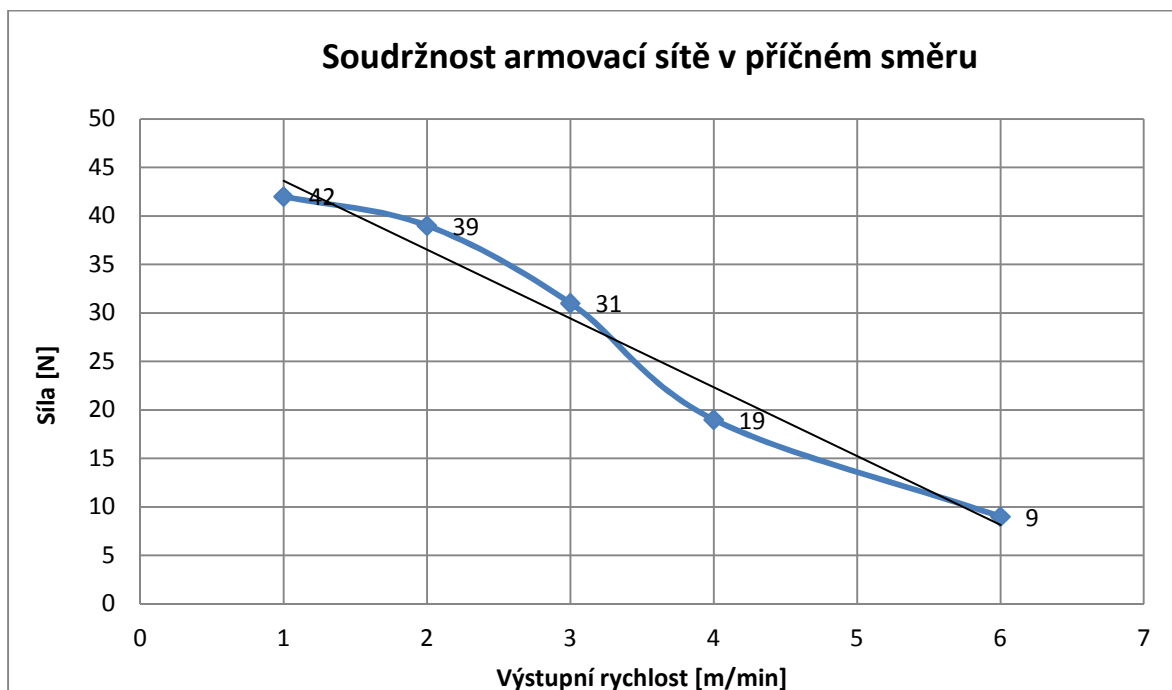
Tabulka 16: Naměřené maximální hodnoty soudržnosti

Typ testu	Pevnost [N]				
	Výstupní rychlost [m/min]				
	1	2	3	4	6
Soudržnost armovací sítě s polotovarem v podélném směru	20	15	9	7	5,5
Soudržnost armovací sítě s polotovarem v příčném směru	42	39	31	19	9

Obrázek 80: Graf - Vliv výstupní rychlosti na soudržnost armovací sítě v podélném směru



Obrázek 81: Graf - Vliv výstupní rychlosti na soudržnost armovací sítě v příčném směru



## 5 DISKUZE

Provedená rešerše na zadané téma ukazuje na nedostatky informací o dané technologii. Experiment provedený v rámci této práce potvrzuje funkčnost principů vyvíjených na zařízeních realizovaných v laboratořích TUL. Nastavení parametrů pro výrobu vzorků pro testování probíhalo na displeji, bez ručního zásahu podle parametrů v kapitole 4.1.2.

Pro jednodušší vyhodnocení efektu zpevnění produktu pouze kvazi-přízemi a kvazi-přízi a sítí jsou výsledky shrnuty do následující tabulky (viz tabulka 17), ve které jsou uvedeny hodnoty podélných pevností dosažených při různých výrobních rychlostech. V tabulce jsou uvedeny maximální hodnoty podélné pevnosti při protažení o 20 mm.

Tabulka 17: Naměřené hodnoty podélné pevnosti při protažení o 20 mm

Typ testu	Pevnost [N]	Typ testu	Pevnost [N]				
			Výstupní rychlost [m/min]				
			1	2	3	4	6
Podélná pevnost polotovaru	2,5	Podélná pevnost produktu zpevněná kvazi-přízemi	5,9	5,1	5	5,7	4,5
Podélná pevnost sítě	90	Podélná pevnost kompozitu (kvazi-příze + síť)	84			85	84

Z tabulky 17 vyplývá, že výstupní rychlost významně neovlivňuje pevnost výsledného produktu, který je zpevněn armovací sítí a kvazi-přízemi, tj. kompozitu. Z tabulky 16 a z grafů na obrázcích 50-63 však plyne, že významně ovlivňuje soudržnost armovací sítě s polotovarem.

Z vizuálního pozorování chování vzorku při jeho namáhání lze usuzovat na to, že při nižších výrobních rychlostech je soudržnost sítě s polotovarem větší než je pevnost kvazi-přízi, které „svazují“ jednotlivé vlny struktury polotovaru k sobě. Kvazi-příze při namáhání praskají a dochází k destrukci celé struktury polotovaru. Při vyšších výrobních rychlostech je soudržnost sítě s polotovarem nižší než pevnost polotovaru, síť se od povrchu

polotovaru snadno „odlupuje“ bez porušení struktury polotovaru, jak je vidět i na obrázku 56.

Z porovnání hodnot pevností kompozitu a sítě lze usuzovat na to, že při laminaci armovací sítě a polotovaru kvazi-přízemi dochází na zařízení k porušení sítě. Hodnota pevností sítě je mírně vyšší než hodnota pevnosti kompozitu (viz tabulka 17). S tímto faktem bude třeba při výběru typu sítě pro armování počítat.

Provedený experiment potvrdil, že volbou armovací sítě lze výrazně ovlivňovat pevnost produktu a plnit tak požadavky kladené na produkty praktickými aplikacemi.

Za povšimnutí stojí hodnoty zjištěné při výstupní rychlosti 4 m/min, kdy test pevnosti produktu zpevněného pouze kvazi-přízemi vykazuje nejvyšší hodnoty. Zda je tuto výrobní rychlost považovat za optimum bude třeba zodpovědět dalším experimentem zaměřeným na užší rozsah výrobních rychlostí v okolí 4 m/min

## 6 ZÁVĚR

Z výsledků a diskuze lze formulovat následující závěr:

Experimentem bylo potvrzeno, že aplikace kvazi-přízi bez armovacích sítí dodává produktu omezené pevnosti závislé jednak na technologických parametrech zpracování, a jednak na povrchové struktuře materiálů, na které jsou kvazi-příze aplikovány (viz kapitola 4.3.1)



Experimentem bylo potvrzeno, že kvazi-příze lze využít ke zpevnění produktů a že pro jejich aplikaci lze využít zařízení postavené TUL v rámci projektu MPO. Pevnost produktu byla v tomto konkrétním případě zvýšena cca 34 násobně (viz tabulka 17). Záleží na typu použité armovací sítě. Pokud nejsou požadované vysoké hodnoty soudržnosti, lze vyrábět vyššími rychlostmi.

Soudržnost armovací sítě s armovaným polotovarem významně závisí na výstupní rychlosti produktu ze zařízení (viz kapitola 4.3.2), nároky na soudržnost obou materiálů závisí na podmínkách aplikace produktu. Podle těchto podmínek pak lze volit výrobní rychlosti.

Pro rozšíření této technologie do průmyslové sféry doporučuji zjistit pro jaký segment trhu je výrobek vhodný a následně vypracování vzorkovnic různých pevností a ostatních vlastností včetně cenových výhledů. Nevhodně nebo špatně provedená segmentace může být jeden z deseti „smrtných marketingových hříchů“. Důležité pro segmentaci je detailní popis cílové skupiny, zmapování veškerých možných faktorů a zvolení vhodných komunikačních kanálů. Je také důležité deklarovat hodnotu, jež by měla být spojována s produktem u veřejnosti/zákazníka. Produkt s jasným umístěním má výhodnější pozici u zákazníka než konkurenční zboží. Ve zkratce je tedy důležitá segmentace -> zacílení -> umístění produktu.

Možnostmi jak dostat výrobek do podvědomí veřejnosti/zákazníků je jeho propagování na veletrzích, propagační materiály, katalogy, reklama přesně zacílená na segment např. inzeráty ve specializovaných časopisech. Primárním účelem výrobní reklamy je přenesení informace o zavedení nového produktu k zákazníkovi. Sekundárním významem je přesvědčení zákazníka o výhodách výrobku anebo připomenout úspěšný výrobek. Stěžejní funkci má produktový list, který by měl informovat o produktech a

používaných technologiích a konkurenčních výhodách. V tomto konkrétním případě může produktový list vypadat takto:

Produktový list		
Produkty s aplikací techniky „kvazi-přízí“		
	<p>Jedná se o produkty zpevněné armovací sítí pomocí techniky kvazi-přízí. Technika kvazi-přízí zajišťuje rozměrovou stabilitu výrobku. Oproti např. termickým nebo chemickým způsobům má tu výhodu, že k armování není potřeba žádných pojiv, které výrobek „zatěžují“ a omezují tak jeho použití z důvodu např. hořlavosti a uvolňování škodlivin do ovzduší.</p> <p>Zároveň se tato technika dá využít na textilie z odpadových materiálů, kde pojiva výrobek zbytečně zdražují. Zpevňování technikou kvazi-přízí je energeticky nejméně náročné v porovnání s jinými technikami jako např. vpichováním nebo termickým pojením.</p> <p>Vzhledem k tomu, že se jedná o techniku založenou na zakrucování konců vláken vystupujících z vlákenné vrstvy, lze metodu užívat jak ke zpevnění objemných vlákenných útvarů, jako jsou pneumaticky vyráběná rouna nebo vrstvy z kolmo kladené pavučiny, tak i k fixaci struktur vytvořených z vpichovaných, počesaných nebo vlasových textilií.</p> <p>Soudržnost armovací sítě s armovaným polotovarem významně závisí na výstupní rychlosti produktu ze zařízení, nároky na soudržnost obou materiálů závisí na podmínkách aplikace produktu. Podle těchto podmínek lze pak volit výrobní rychlosti. Pevnost produktu lze zvýšit obecně 2 až 50 násobně. Záleží na typu použité armovací sítě.</p>	<p>Výhody:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nízká spotřeba energie</li> <li>➤ Nenáročnost na instalační plochu</li> <li>➤ Nevyžadují speciální vlákenné směsi</li> <li>➤ Zajišťují variabilitu výrobků</li> </ul> <p>Použití:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Filtry</li> <li>➤ Sorbenty</li> <li>➤ Izolační materiály</li> <li>➤ Výplňkové materiály</li> </ul> <div data-bbox="986 1682 1377 1995">  </div>

## LITERATURA:

- [1] Hanuš, J., Militký, J.: *Mechanical Fixation of „Thick“ Textile Structures*, In: Fibrous Materials XXI Century, May 2005, S. Petersburg.
- [2] Hanuš, J., Militký, J.: QUASI-YARN APPLICATIONS IN NONWOVENS PRODUCTION. HPTEX 2004 – High performace textiles & apparels on 7th, 8th & 9th July 2004 at KCT, Coimbatore - 6
- [3] Hanuš, J.; Ševčík, L.: *New Quasi-Yarn Application*. In: 14<sup>th</sup> International Conference STRUTEX, November, 2007, Liberec
- [4] Horrocks A R and Anand S C. 2002. *Handbook of Technical textiles*. Woodhead publishing Ltd. UK. 2000.
- [5] Jirsák, O.; Kalinová, K.: *Netkané textilie*. Skripta TUL, Liberec 2003
- [6] Krčma, R.: *Teorie netkaných textilií*. Skripta VŠST, Liberec 1986
- [7] Patentový spis: CZ281287 (EP 0648877): *Způsob zpevnění objemných vláknenných útvarů a zařízení k provádění způsobu*.
- [8] *Fibroline* [online]. [citováno 20.4.2012]. Dostupný z WWW: <http://www.fibroline.com>
- [9] *Mechanická textilní technologie* [online]. [citováno 20.4.2012]. Dostupný z WWW: [http://www.ft.tul.cz/depart/knt/nove/index.php?obsah=studium/stranky\\_predmetu/mtt](http://www.ft.tul.cz/depart/knt/nove/index.php?obsah=studium/stranky_predmetu/mtt)
- [10] *Membrána* [online]. [citováno 20.4.2012]. Dostupný z WWW: <http://outdoorguide.cz/zater-a--membrana-40.html>
- [11] *Netkané textilie* [online]. [citováno 20.4.2012]. Dostupný z WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Netkan%C3%A9\\_textilie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Netkan%C3%A9_textilie)

## SEZNAMY:

### SEZNAM TABULEK:

TABULKA 1: ROZDĚLENÍ NETKANÝCH TEXTILÍ PODLE TECHNOLOGIE VÝROBY [5] .....	13
TABULKA 2: PARAMETRY PRO VÝROBU POLOPRODUKTU .....	34
TABULKA 3.....	35
TABULKA 4: PŘEHLED VZORKŮ TEXTILÍ VYROBENÝCH PRO ZJIŠTĚNÍ VLIVU VÝSTUPNÍCH RYCHLOSTÍ NA PEVNOST PRODUKTU ZPEVNĚNÉHO POUZE KVAZI-PŘÍZEMI.....	36
TABULKA 5: PŘEHLED VYROBENÝCH VZORKŮ PRO ZJIŠTĚNÍ SOUDRŽNOSTI .....	37
TABULKA 6: PŘEHLED VZORKŮ VYROBENÝCH PRO ZJIŠTĚNÍ PEVNOSTI KOMPOZITU .....	38
TABULKA 7: PŘEHLED VZORKŮ PRO ZJIŠTĚNÍ PEVNOSTI ZÁKLADNÍCH MATERIÁLŮ.....	39
TABULKA 8: POPIS CHOVÁNÍ VZORKŮ V PRŮBĚHU MĚŘENÍ .....	42
TABULKA 9: VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU V PŘÍČNÉM SMĚRU .....	48
TABULKA 10: PEVNOST KOMPOZITU – PODÉLNÝ SMĚR.....	54
TABULKA 11: PEVNOST KOMPOZITU – PŘÍČNÝ SMĚR .....	58
TABULKA 12: SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ – PODÉLNÝ SMĚR .....	62
TABULKA 13: SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ – PŘÍČNÝ SMĚR.....	67
TABULKA 14: ZÁKLADNÍ MATERIÁL.....	72
TABULKA 15: NAMĚŘENÉ HODNOTY PEVNOSTI.....	79
TABULKA 16: NAMĚŘENÉ MAXIMÁLNÍ HODNOTY SOUDRŽNOSTI .....	81
TABULKA 17: NAMĚŘENÉ HODNOTY PODÉLNÉ PEVNOSTI PŘI PROTAŽENÍ O 20 MM.....	83

### SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

OBRÁZEK 1: FIBROLINE PROCES [8].....	25
OBRÁZEK 2: KOMPLETNÍ PRŮMYSLOVÁ IMPREGNAČNÍ LINKA [8] .....	26
OBRÁZEK 3: PRINCIP VÝROBY KVAZI-PŘÍZE [2] + FOTO Z RYCHLOKAMERY .....	28
OBRÁZEK 4: MODEL KVAZI PŘÍZE [2] .....	28
OBRÁZEK 5: UKÁZKA KVAZI-PŘÍZE NA POVRCHU.....	28
OBRÁZEK 6: SCHÉMA STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ PRO APLIKACI KVAZI-PŘÍZÍ [2].....	30
OBRÁZEK 7: SYSTÉM PRO TVORBU KVAZI-PŘÍZÍ [2] .....	30
OBRÁZEK 8: KOLMO KLADENÉ ROUNO – SCHÉMA + FOTO PRODUKTU [2] .....	32
OBRÁZEK 9: MATERIÁL S JEDNOU ARMOVACÍ SÍTÍ [2] .....	32
OBRÁZEK 10: MATERIÁL S DVĚMA ARMOVACÍMI SÍTĚMI [2] .....	32
OBRÁZEK 11: SCHÉMA PRINCIPU LAMINOVÁNÍ DVOU NT [2] .....	33
OBRÁZEK 12: ROTIS .....	34



OBRÁZEK 13: MODEL ZAŘÍZENÍ .....	35
OBRÁZEK 14: SCHÉMATA NAMÁHÁNÍ VZORKU PŘI MĚŘENÍ .....	40
OBRÁZEK 15: DETAIL UPNUTÍ VZORKU PRO APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ KE ZVÝŠENÍ PEVNOSTI PRODUKTU (MĚŘENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU) .....	42
OBRÁZEK 16: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ .....	43
OBRÁZEK 17: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	43
OBRÁZEK 18: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=2\text{M}/\text{MIN}$ .....	44
OBRÁZEK 19: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=2\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	44
OBRÁZEK 20: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=3\text{M}/\text{MIN}$ .....	45
OBRÁZEK 21: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=3\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	45
OBRÁZEK 22: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ .....	46
OBRÁZEK 23: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	46
OBRÁZEK 24: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ .....	47
OBRÁZEK 25: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PODÉLNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	47
OBRÁZEK 26: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PŘÍČNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ .....	48
OBRÁZEK 27: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL).....	49
OBRÁZEK 28:: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PŘÍČNÝ SMĚR, $v=2\text{M}/\text{MIN}$ .....	49
OBRÁZEK 29: GRAF – VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=2\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	50
OBRÁZEK 30: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PŘÍČNÝ SMĚR, $v=3\text{M}/\text{MIN}$ .....	50
OBRÁZEK 31: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=3\text{M}/\text{MIN}$ .....	51
OBRÁZEK 32: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ .....	51
OBRÁZEK 33: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL).....	52
OBRÁZEK 34: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU – PŘÍČNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ .....	52
OBRÁZEK 35: GRAF - VLIV APLIKACE KVAZI-PŘÍZÍ NA PEVNOST PRODUKTU - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL).....	53
OBRÁZEK 36: PEVNOST KOMPOZITU – DETAIL PORUŠENÍ MŘÍŽKY .....	54
OBRÁZEK 37: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.21 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ .....	55
OBRÁZEK 38: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.21 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	55
OBRÁZEK 39: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.22 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ .....	56
OBRÁZEK 40: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.22 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	56
OBRÁZEK 41: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.23 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ .....	57
OBRÁZEK 42: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.23 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	57
OBRÁZEK 43: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.24 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ .....	58
OBRÁZEK 44: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.24 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL) .....	59
OBRÁZEK 45: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.25 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ .....	59
OBRÁZEK 46: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.25 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL).....	60
OBRÁZEK 47: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.26 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ .....	60
OBRÁZEK 48: GRAF - PEVNOST KOMPOZITU- VZOREK Č.26 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ (DETAIL).....	61
OBRÁZEK 49: UCHYCENÍ VZORKU - SOUDRŽNOST MATERIÁLU S ARMOVACÍ SÍTÍ.....	62

OBRÁZEK 50: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.11 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ .....	63
OBRÁZEK 51: SOUDRŽNOST MATERIÁLU S ARMOVACÍ SÍTÍ – VZOREK Č.11 .....	64
OBRÁZEK 52: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.12 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=2\text{M}/\text{MIN}$ .....	64
OBRÁZEK 53: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.13 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=3\text{M}/\text{MIN}$ .....	65
OBRÁZEK 53: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.14 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ .....	65
OBRÁZEK 55: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.15 - PODÉLNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ .....	66
OBRÁZEK 56: SOUDRŽNOST MATERIÁLU S ARMOVACÍ SÍTÍ – VZOREK Č.15 .....	66
OBRÁZEK 57: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.16 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=1\text{M}/\text{MIN}$ .....	68
OBRÁZEK 58: SOUDRŽNOST POLOTOVARU S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.16 .....	68
OBRÁZEK 59: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.17 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=2\text{M}/\text{MIN}$ .....	69
OBRÁZEK 60: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.18 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=3\text{M}/\text{MIN}$ .....	69
OBRÁZEK 61: SOUDRŽNOST POLOTOVARU S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.18 .....	70
OBRÁZEK 62: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.19 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=4\text{M}/\text{MIN}$ .....	70
OBRÁZEK 63: GRAF - SOUDRŽNOST S ARMOVACÍ SÍTÍ - VZOREK Č.20 - PŘÍČNÝ SMĚR, $v=6\text{M}/\text{MIN}$ .....	71
OBRÁZEK 64: SOUDRŽNOST MATERIÁLU S ARMOVACÍ SÍTÍ – VZOREK Č.20 .....	71
OBRÁZEK 65: GRAF - ZÁKLADNÍ MATERIÁL FIBERBACK - PODÉLNÝ SMĚR.....	72
OBRÁZEK 66: GRAF - ZÁKLADNÍ MATERIÁL FIBERBACK - PODÉLNÝ SMĚR (DETAIL).....	73
OBRÁZEK 67: GRAF - ZÁKLADNÍ MATERIÁL FIBERBACK - PŘÍČNÝ SMĚR.....	73
OBRÁZEK 68: GRAF - ZÁKLADNÍ MATERIÁL FIBERBACK - PŘÍČNÝ SMĚR (DETAIL) .....	74
OBRÁZEK 69: GRAF - SÍŤ CONWED 5x5 MM - PODÉLNÝ SMĚR .....	74
OBRÁZEK 70: GRAF - SÍŤ CONWED 5x5 MM - PODÉLNÝ SMĚR (DETAIL) .....	75
OBRÁZEK 71: GRAF - SÍŤ CONWED 5x5 MM - PŘÍČNÝ SMĚR .....	75
OBRÁZEK 72: GRAF - SÍŤ CONWED 5x5 MM - PŘÍČNÝ SMĚR (DETAIL) .....	76
OBRÁZEK 73: GRAF - POLOTOVAR - PODÉLNÝ SMĚR.....	76
OBRÁZEK 74: GRAF - POLOTOVAR - PODÉLNÝ SMĚR (DETAIL).....	77
OBRÁZEK 75: GRAF - POLOTOVAR - PŘÍČNÝ SMĚR.....	77
OBRÁZEK 76: GRAF - POLOTOVAR - PŘÍČNÝ SMĚR (DETAIL) .....	78
OBRÁZEK 77: GRAF - VLIV VÝSTUPNÍ RYCHLOSTI NA PODÉLNOU PEVNOST PRODUKTU ZPEVNĚNÉHO KVAZI-PŘÍZEMI.....	79
OBRÁZEK 78: GRAF - VLIV VÝSTUPNÍ RYCHLOSTI NA PŘÍČNOU PEVNOST PRODUKTU ZPEVNĚNÉHO KVAZI-PŘÍZEMI .....	80
OBRÁZEK 79: GRAF - VLIV VÝSTUPNÍ RYCHLOSTI NA PODÉLNOU A PŘÍČNOU PEVNOST PRODUKTU ZPEVNĚNÉHO ARMOVACÍ SÍTÍ A KVAZI-PŘÍZEMI.....	80
OBRÁZEK 80: GRAF - VLIV VÝSTUPNÍ RYCHLOSTI NA SOUDRŽNOST ARMOVACÍ SÍTĚ V PODÉLNÉM SMĚRU .....	82
OBRÁZEK 81: GRAF - VLIV VÝSTUPNÍ RYCHLOSTI NA SOUDRŽNOST ARMOVACÍ SÍTĚ V PŘÍČNÉM SMĚRU.....	82